



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA RUKOJETI SVĚTELNÉHO MEČE

PRODUCTION OF THE LIGHTSABER HANDLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Bršťák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Ondřej Bršťák**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba rukojeti světelného meče

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Světelné meče zpravidla obsahují elektronickou a mechanickou část. Mechanická část je doplněna o ozdobné prvky. Jejich design je dán autorem (uživatelé) a výroba podléhá i netradičním způsobům obrábění.

Cíle bakalářské práce:

- Používané designy na rukojetě meče
- Návrh autorského designu
- Definování obráběcích procesů
- Příprava dat a seřízení obráběcích strojů
- Vyrobení a sestavení prototypového vzorku
- Srovnání s továrními výrobky běžné produkce

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MICHNA, Štefan et al. Encyklopedie hliníku. 1. vyd. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SAMEK, Radko, Zdeněk LIDMILA a Eva Šmehlíková. Speciální technologie tváření, 2. část. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2011. 163 s. ISBN 987-80-214-4406-5.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou rukojeti světelného meče. Věnuje se rozboru jejích filmových i průmyslových variant a následného vytvoření autorských designů. Z návrhů je vybrána jedna varianta pro další zpracování. Na hlavní součást bylo poté přidáno gravírování. Dále je v práci proveden popis strojů pro výrobu. Byly vypočítány řezné podmínky a vytvořeny tři NC programy pro výrobu. Následně byly vytvořeny výrobní postupy a vybrány vhodné nástroj pro výrobu. Práce zahrnuje dokumentaci výroby součástí a jejich sestavení. Následuje výpočet ceny výrobku, výpočet využití materiálu a porovnání s průmyslově vyráběnými verzemi.

Klíčová slova

Soustružení, gravírování, hliníkové slitiny, CAD/CAM, světelný meč

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the design and construction of a lightsaber. Film and industrial variants have been discussed in order to create authorial designs. Out of those, one variant has been selected for further processing. Engraving has been added to the main component. This thesis describes in further detail the process of manufacture and the machines used for it with the calculation of cutting parameters. Three NC programs have been developed and implemented via the selected methods and tools. The documentation and the estimated cost of the process in context of the industrial versions have been included.

Keywords

Turning, engraving, aluminum alloys, CAD/CAM, lightsaber

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRŠŤÁK, Ondřej. Výroba rukojeti světelného meče [online]. Brno, 2020 [cit. 2020–06–03]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124262>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba rukojeti světelného meče** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

26. 6. 2020

Datum

Ondřej Bršťák

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 POUŽÍVANÉ DESIGNY NA RUKOJETI MEČE.....	10
1.1 Popis součástí rukojeti.....	10
1.2 Požívané designy.....	11
2 NÁVRH AUTORSKÉHO DESIGNU	14
2.1 Zvolení technologie a vytvoření návrhů	14
2.2 Výběr materiálu	16
2.3 Rozbor dílů.....	17
3 DEFINOVÁNÍ OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ	21
3.1 Popis strojů.....	21
3.1.1 Pásová pila.....	21
3.1.2 CNC soustruh	22
3.1.3 Soustruh.....	23
3.2 Vzorové výpočty	26
3.2.1 Soustružení	26
3.2.2 Frézování	29
4 PŘÍPRAVA DAT A SEŘÍZENÍ STROJŮ	32
4.1 Použité programy.....	32
4.2 Programování součásti Tělo	33
5 VYROBENÍ A SESTAVENÍ PROTOTYPOVÉHO VZORKU	37
5.1 Výrobní postupy	37
5.2 Použité nástroje a měřidla	42
5.3 Sestavení prototypového vzorku	43
6 SROVNÁNÍ S TOVÁRNÍMI VÝROBKY BĚŽNÉ PRODUKCE	44
6.1 Odhad výrobní ceny.....	44
6.2 Využití materiálu	48
6.3 Porovnání s prodávanými kusy	50
7 DISKUZE.....	51
7.1 Výroba součástí	51
7.2 Návrh na úpravu dílů	51

7.3. Dodatečné náklady.....	51
ZÁVĚR.....	52
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	57
SEZNAM PŘÍLOH	59

ÚVOD

Světelné meče jsou filmové rekvizity, používané ve filmové sérii Star Wars. Rukojetě těchto rekvizit se liší a jsou vždy originální. Jejich účel je estetický. Původní filmové verze obsahovaly pouze baterii, diody a spínač. V současné době verze pro prodej nabízejí kromě toho i doplnění zvukovými efekty.

V současnosti je účel mečů dvojitý. Slouží jako doplňky ke kostýmům nebo pro kontaktní souboje. Ty se dělí na nacvičené choreografie a plně kontaktní souboje. Dle kvality a použití se poté dají meče dělit na čtyři verze.

Nejlevnější, čistě estetické varianty stojí několik stovek korun. Tyto verze jsou plastové a velmi snadno se poškodí. Jsou určeny především pro děti.

Dražší varianty, zpravidla již ze slitin hliníku, je možné použít při choreografických představeních. Jejich životnost je limitována čepelí meče a dosahuje několika desítek hodin zátěže. Životnost rukojeti je při běžném používání bez většího zatížení neomezená. Ceny se pohybují okolo tisíce korun. Rukojeti jsou pouze jednoduše tvarované nebo s odstupňovanými průměry.

Třetí variantou jsou meče určené pro kontaktní souboj. Polykarbonátové čepele jsou tvrzené a mají životnost stovek hodin zátěže. Rukojeti zde bývají již velmi podobné filmovým verzím. Pro výrobu těchto rukojetí je často potřeba procesů ohýbání, stříhání, frézování a povrchových úprav. Ceny se pohybují od několika tisíc až po desítky tisíc korun v plných verzích. Tyto verze mají také pokročilé elektronické funkce jako změnu barvy, senzory v čepeli pro efekt dotyku a nastavitelné zvukové efekty.

Poslední variantou jsou kusové výrobky. Výroba probíhá buď na zakázku, nebo jsou kusy draženy v aukcích. Jedná se o přesné repliky filmových předloh. Kromě vnější podoby s originály jsou rukojeti zpracovány i vevnitř. Tyto verze jsou sběratelské a slouží jako dekorace, i když jsou plně funkční a kvalitou srovnatelné s předchozím druhem. Ceny zde dosahují desítek tisíc.

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou třetí varianty meče, tedy verze pro kontaktní souboj. Návrh rukojeti obsahuje prvky používané u filmových verzí.

1 POUŽÍVANÉ DESIGNY NA RUKOJETI MEČE

Pro vytvoření autorského návrhu se vychází z filmových, videoherních a průmyslových designů.

Při návrhu se vychází ze čtyř verzí rukojeti. Jejich prvky budou poté sloužit k vytvoření vlastního designu. Hlavní části rukojetí jsou Tělo a Záslepka. Většina rukojetí je také doplněna o další ozdobné prvky.

1.1 Popis součástí rukojeti

Tělo

Jedná se o trubku s největším průměrem do 40 mm a délkou do 300 mm. Vnitřní průměr součásti je standardně 25 mm nebo 1 palec. Jedna strana obsahuje vnitřní závit pro uchycení záslepky rukojeti. Na druhé straně jsou dva závity velikosti M4 v řadě za sebou, pro držení polykarbonátové čepele. Ve středu součásti je díra, standardně o průměru 14 až 20 mm pro spínač.

Záslepka

Slouží jako kryt baterií na konci Těla rukojeti. Součást má vnější závit na menším průměru, pro našroubování na Tělo rukojeti. Větší průměr nejčastěji kopíruje vnější průměr těla čepele.

Designové prvky

Jedná se nejčastěji o kroužky, destičky a krychlové výstupky. Často se objevují i šrouby a nýty bez funkce, sloužící pouze estetickému účelu. Na konci bývá provrtána díra průměru 4 mm pro kroužek nebo podobný prvek sloužící k upnutí na opasek a nošení.

1.2 Požívané designy

Verze 1

Základní verzí pro návrh je filmová verze rukojeti meče z roku 1977 (obr. 1.1). Součást obsahuje několik odsazených průměrů a zápichů. Tělo je složené z deseti dílů včetně spínače.

Většinu součástí by bylo možné vyrobít pomocí běžného soustružení. Krabičku spínače a plochu pro její umístění je nutné vyrobít frézováním, stejně jako prostřední díl. Horní část a část nejbližší Záslepce je také potřeba vrtat. Nejsložitější součástí na výrobu je Záslepka, kvůli výstupkům po obvodu.



Obr. 1.1 Rukojeť verze 1977. [1]

Verze 2

Druhým výchozím designem je rukojeť z počítačové hry Star Wars: The Old Republic, zkráceně SWTOR (obr. 1.2).

Rukojeť se skládá ze čtrnácti částí. Hlavní část má konstantní průměr a je doplněna o gravírování ve spodní části. V těle jsou vrtány díry pro uchycení výstupkových částí po obvodu, pomocí šroubů.

Výstupkové části zle zhotovit vystřihováním z plechu s ohledem na velikost rukojeti. Zbytek součástí je možné vyrobit soustružením a vrtáním. Hlavní část musí být v horním úseku frézována kvůli drážkám a obráběna pomocí poháněného nástroje na soustruhu pro vytvoření vzoru. Celá sestava je poté povrchově upravena pro dosažení matného povrchu.



Obr. 1.2 Rukojeť verze SWTOR [2].

Verze 3

Třetí design je návrh firmy Ultra Sabers, označený Shock LE (obr. 1.3).

Rukojeť je z pěti částí. Záslepka je vyrobena kompletně soustružením. Hlavní tělo má provrtané tři závitové díry a jednu díru pro spínač. Designu je dosaženo pomocí zapichování, profilování trubky po jejím obvodu a lakováním. Z hlediska výroby se jedná o nejjednodušší možnou variantu.



Obr. 1.3 Rukojeť verze Shock LE [3].

Verze 4

Čtvrtý design zvaný Archon (obr. 1.4) je od firmy SaberForge.

Rukojeť je řešena jako vnitřní a vnější část spojené dohromady pomocí šroubů. Vnitřní část rukojeti je plastová s vysoustruženými drážkami. Vnější část je ze slitiny hliníku. Pro její výrobu je potřeba frézování, gravírování a leštění. Na vnější části rukojeti je připevněna pomocí šroubů ofrézovaná kostka. Záslepka je doplněna o kroužek, pro připnutí rukojeti k opasku.



Obr. 1.4 Rukojeť verze Archon [4].

2 NÁVRH AUTORSKÉHO DESIGNU

2.1 Zvolení technologie a vytvoření návrhů

Pro výrobu jsou vybrány technologie soustružení, frézování, vrtání a gravírování. Podle zvolených technologií jsou vytvořeny celkem čtyři návrhy (obr. 2.1, obr. 2.2, obr. 2.3, obr. 2.4).

Program pro vytvoření návrhů.

Pro vytvoření modelů rukojeti je použit program SolidWorks 2019 Education Edition. Jedná se o CAD software střední vyšší třídy vydávaný společností DASSAULT SYSTEMES.

SolidWorks je plně parametrický CAD systém umožňující tvorbu objemových či plošných dílů. Díly lze zpracovávat v režimech díl, sestava, a výkres. Výhodou systému SolidWorks je, nejen že umožňuje načítat celou škálu přenosových formátů, ale umožňuje také načítat přímo vnitřní formáty jiných CAD systémů [5].

Modelování je parametrické. To znamená, že všechny součásti jsou vytvořeny pomocí vazeb a kót mezi jednotlivými entitami.

Program má také „strom“, který obsahuje historii o modelování součásti a její zpětnou editaci. Studentská verze umožňuje 2D a 3D modelování. Pro vytvoření součástí bakalářské práce je použito 3D modelování. Poté jsou části v softwaru složeny dohromady.

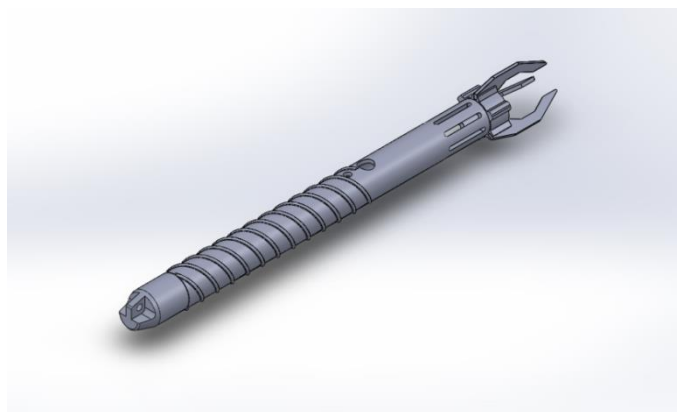
Software dále umožňuje například vytváření svařovaných dílů, plechových dílů, pevnostní analýzy nebo analýzy povrchu. Samostatnou částí softwaru mimo modelování je vytváření výkresové dokumentace z modelů a přímá tvorba výkresů. Výkresy tvořené z modelu jsou s ním propojené a změny v modelech a sestavách se automaticky promítají do výkresů.

K této verzi softwaru lze také doinstalovat CAM modul pro obrábění. Pro účely této bakalářské práce je ale použit Autodesk Inventor Professional 2020. U tohoto softwaru je zdarma zkušební verze CAM systému a postprocesor pro vytváření programu. To SolidWorks ve studentské verzi neumožňuje.

Postproces – jedná se převedení dat ze softwaru do NC kódu stroje



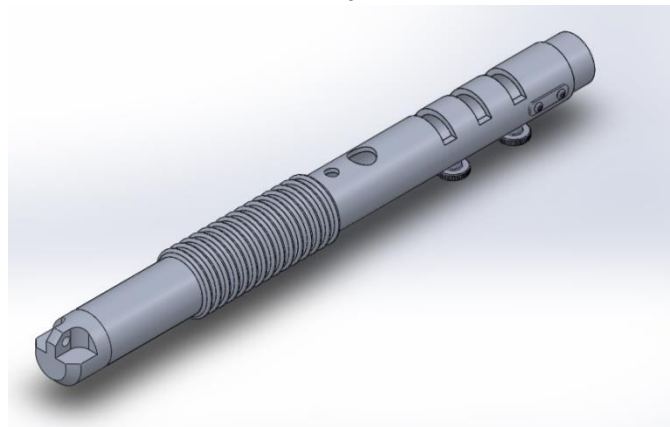
Obr. 2.1 Rukojeť Návrh A.



Obr. 2.2 Rukojeť Návrh B.

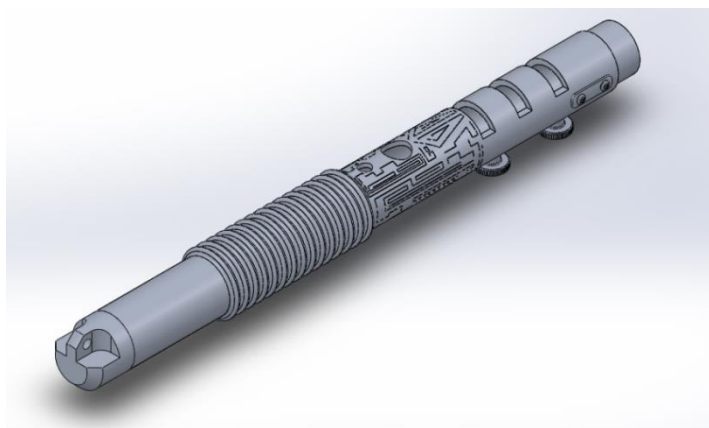


Obr. 2.3 Rukojeť Návrh C.



Obr. 2.4 Rukojeť Návrh D.

Z návrhů je zvolena varianta D. Sestava se skládá z deseti dílů – Těla, Záslepky, dvou Krytek a šesti šroubů. Sestava je po výběru doplněna o gravírování těla (obr. 2.5).



Obr. 2.5 Gravírování.

2.2 Výběr materiálu

Důležitým parametrem výrobku je jeho hmotnost. Z toho důvodu se volí slitina hliníku, která je lehčí než ocel. Konkrétně se volí slitina s označením EN AW-6060 (Tabulka 2.1, 2.2). Jde o univerzální slitinu používanou v automobilovém, potravinářském a stavebním průmyslu. Slitina má velmi dobrou svařitelnost, je vhodná pro eloxaci a má dobrou odolnost proti oxidaci.

Tabulka 2.1 EN AW-6060 [6,7].

Označení slitiny podle ČSN EN 573-3		Označení slitiny podle DIN 1725-1	
Značení	Chemické značení	Značení	Chemické značení
EN AW-6060	EN AW-AlMgSi	3.3206	AlMgSi0.5

Tabulka 2.2. Chemické složení EN AW-6060 [7].

Si ≤ %	Fe ≤ %	Cu ≤ %	Mn ≤ %	Mg ≤ %	Cr ≤ %
0,30 – 0,50	0,10 – 0,30	0,10	0,10	0,35 – 0,60	0,05
Ni ≤ %	Zn ≤ %	Ti ≤ %	Bi	Pb	Ostatní
-	0,15	0,10	-	-	0,15

Jelikož se nedodává slitina EN AW-6060 (Příloha 1) jako plná tyč, je jako materiál polotovaru pro součást Záslepka zvolena slitina EN AW-6063 (Tabulka 2.3, 2.4).

Tabulka 2.3 EN AW-6060 [6,8].

Označení slitiny podle ČSN EN 573-3		Označení slitiny podle DIN 1725-1	
Značení	Chemické značení	Značení	Chemické značení
EN AW-6063	EN AW-Al MgSi0.7Si	-	-

Tabulka 2.4 Chemické složení EN AW-6060 [8].

Si ≤ %	Fe ≤ %	Cu ≤ %	Mn ≤ %	Mg ≤ %	Cr ≤ %
0,20 – 0,60	0,35	0,10	0,10	0,45 – 0,90	0,10
Ni ≤ %	Zn ≤ %	Ti ≤ %	Bi	Pb	Ostatní
-	0,10	0,10	-	-	0,5 - 0,15

2.3 Rozbor dílů

Tělo

Polotovar

Výchozí model pro výrobu má největší průměr 36 mm a nejmenší vnitřní průměr 20 mm. Jelikož vnitřní průměr 20 mm není viditelný a má pouze funkci dorazu, je uvažován jako výchozí vnitřní průměr polotovaru. Jako vnější průměr je z modelu vybrán největší průměr 36 mm. Z dodávaných polotovarů byla jako nejbližší vhodný vybrána trubka o rozměrech 40x10 mm. (Příloha 1)

Popis součásti

Jedná se o trubku (obr. 2.6) s vnějším průměrem 36 mm, vnitřním průměrem 20 mm a délkou 320 mm. Na jedné straně je osazení na průměr 27 mm v délce 15 mm. Vnitřní průměr je 24 mm do hloubky 100 mm pro uložení čepele meče.

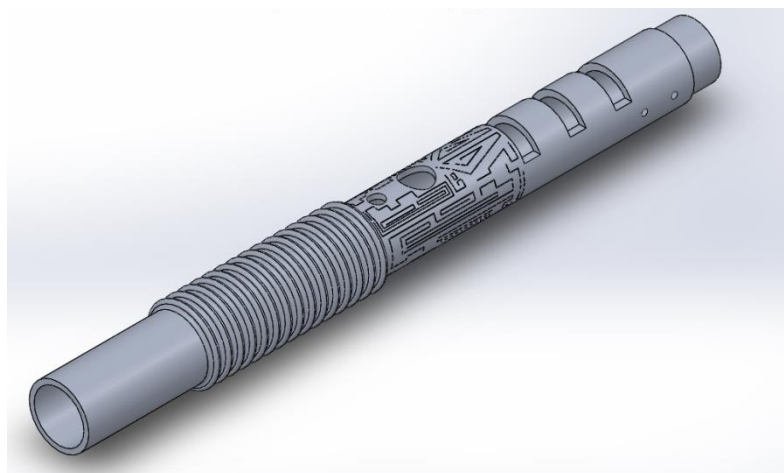
Čepel má průměr 20 mm (Příloha 2), ale kvůli zabránění jejího poškození při častém sundávání je zde spolu s čepelí umístěna vložka. Z toho důvodu musí být díra větší.

Na této straně jsou vyrobeny dva závity velikosti M4x1 ve vzdálenosti 40 mm a 80 mm od čela a dvě dvojice závitů M3x0,5 ve vzdálenostech 25 mm a 40 mm od čela umístěné naproti sobě. V součásti jsou frézované drážky do hloubky 8,5 mm a šířce 8 mm, první ve vzdálenosti 45 mm od čela a další dvě s odstupem 23 mm. Ve vzdálenosti 140 mm od čela je vyvrtána díra o průměru 14 mm pro spínač. Za ní 160 mm od čela druhá o průměru 7 mm pro druhé tlačítko.

Na druhé straně součástky je vnitřní průměr 25 mm do hloubky 210 mm. Je zde vytvořen vnitřní závit velikosti M27x1. Ve vzdálenosti 170 mm od čela je v délce 180 mm soustružený vlnkový profil s rádiusem 1,5 mm. Součástka je po obvodu v délce 100 mm až 170 mm od čela doplněna o gravírování volnými tvary.

Tabulka 2.5 Parametry dílu Tělo.

Největší průměr [mm]	Délka [mm]	Materiál	Těžiště v ose Z k čelu [mm]	Těžiště v ose Y od osy rotace [mm]	Hmotnost [g]
36	320	EN AW-6060	169,04	-0,34	225,91



Obr. 2.6 Tělo.

Záslepka**Polotovar**

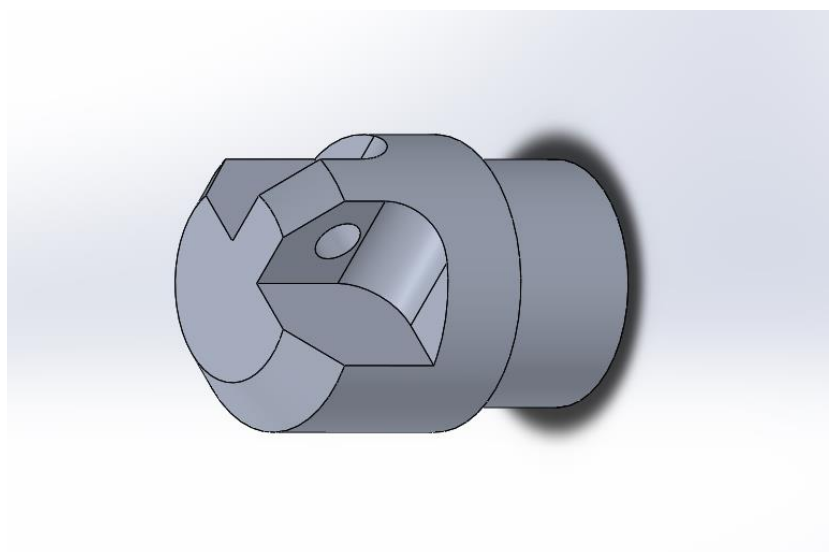
Jako polotovar je vzhledem k rozměrům součástky zvolena tyč EN AW-6063. Jako nejbližší vyšší rozměr je pro polotovar zvolen průměr 35 mm.

Popis součásti

Součást (obr. 2.7) je vyrobena z plné tyče, kde největší průměr je 30 mm, celková délka krytky je 40 mm. Na menším průměru je v délce 15 mm od čela vytvořen závit M27x1. Na protější straně je zkosení 5x45°. V součástce je provrtána díra o průměru 5 mm, vzdálená 10 mm od čela a posunutá od osy rotace o 9 mm. Díra je provrtána skrz kapsu 12x16 mm s rádiusem 6 mm přes tloušťku stěny 6 mm.

Tabulka 2.6 Parametry dílu Záslepka.

Největší průměr [mm]	Délka [mm]	Materiál	Těžiště v ose Z od čela [mm]	Těžiště v ose Y od osy rotace [mm]	Hmotnost [g]
30	40	EN AW-6063	19,56	-0,93	57,6



Obr. 2.7 Záslepka.

Krytka**Polotovar**

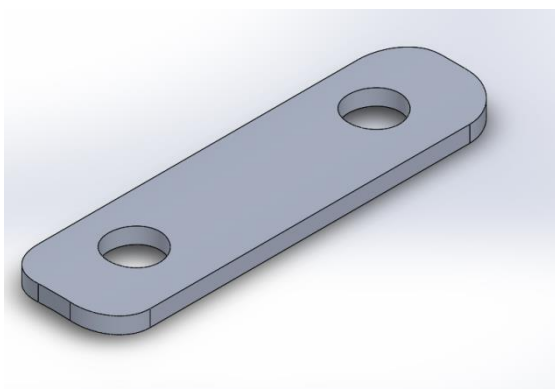
Jako materiál polotovaru je zvolen stejný materiál jako u součásti Tělo, slitina s označením EN AW-6060. Jelikož součástka obsahuje rádius, je možnost součást stříhat z rovného plechu a poté ohýbat na lisu. Druhou možností je použít polotovar s požadovaným rádiusem. Jako polotovar je tedy zvolena trubka o rozměru 32x2 mm.

Popis součásti

Tloušťka součásti (obr. 2.8) je 2 mm. Součást má vnitřní rádius 30 mm a vnější 32 mm. V součásti jsou provrtány dvě díry o průměru 3,3 mm ve vzdálenosti 5 mm od krajů. Rohy součásti jsou zaobleny rádiusem 2,5 mm

Tabulka 2.7 Parametry dílu Krytka.

Rozměr [mm]	Materiál	Hmotnost [g]
7 x 25 x 2	EN AW-6060	0,42



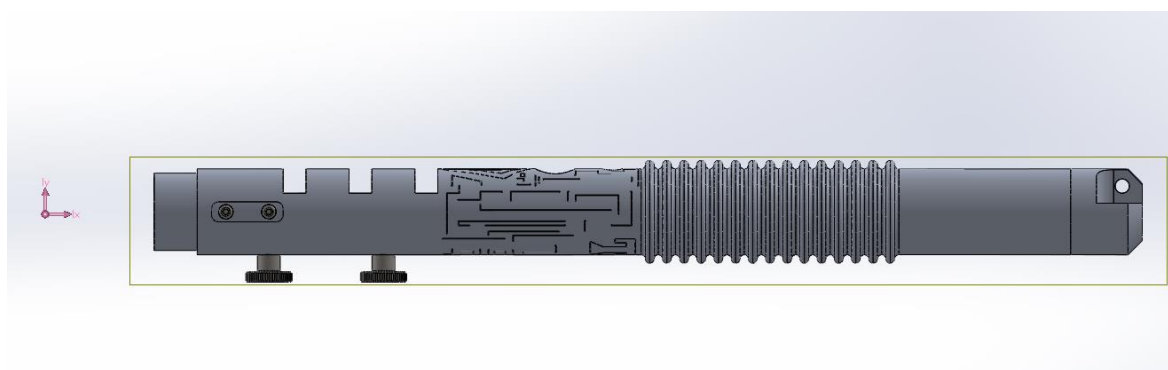
Obr. 2.8 Krytka.

Sestava

Po složení modelů součástí je změřena celková hmotnost a umístění těžiště po započítání hmotnosti čepele (Příloha 2)(obr. 2.9). Pro všechny díly je sestavena výkresová dokumentace (Příloha 3, 4, 5, 6) a výrobní postupy (viz Kapitola 5.1).

Tabulka 2.8 Parametry sestavy.

Největší průměr [mm]	Celková délka [mm]	Celková hmotnost sestavy [g]	Těžiště v ose X od čela [mm]	Těžiště v ose Y od čela [mm]	Těžiště v ose Z od čela [mm]
36	345	301,86	-0,85	0	-38,1



Obr. 2.9 Umístění těžiště v sestavě.

3 DEFINOVÁNÍ OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ

3.1 Popis strojů

3.1.1 Pásová pila

Součásti budou vyráběny ve školní dílně. Z toho důvodu je výběr strojů omezený. Materiál je nejprve nutno dělit. Počet kusů je uvažován do deseti na sérii. V takovém případě je nejvhodnější metoda dělení řezání. Pro řezání je použita pásová pila Bomar STG 220 G (obr. 3.1).



Obr. 3.1 Pásová pila Bomar STG 220 G.

Tabulka 3.1. Parametry Bomar STG 220 G [9,10].

Prořez	mm	220
Úhel natočení pásu	°	60
Rozměr pásu	mm	2730 x 27 x 0,9
Rychlost pásu	m·s ⁻¹	28 – 56
Počet rychlostí	-	2

3.1.2 CNC soustruh

Nejsložitější operací je gravírování na povrchu součásti Tělo. Toho bude dosaženo pomocí gravírovací jehly (Příloha 22). Pro tuto operaci je zvolen CNC soustruh SP 280 SY (obr. 3.2). Profil součástky se také vytvoří zde. Soustruh bude využit i pro frézovací a kolmé vrtací operace na součásti Tělo. Vrtání vnitřních průměrů není kvůli rozjezdům stroje možné a budou vrtány na ručním soustruhu (Kapitola 3.1.3).



Obr. 3.2 CNC soustruh SP 280 SY [11].

Tabulka 3.2 Parametry SP 280 SY [11].

Oběžný prostor na ložem	mm	570
Maximální délka/průměr soustružení	mm	450/280
Pojezdy os X/Y/Z	mm	241/±50/640
Maximální otáčky elektrovřetena	min ⁻¹	5000
Maximální otáčky nástrojového vřetena	min ⁻¹	4000
Výkon vřetena/protivřetena	kW	20,9/7,5
Výkon nástrojového vřetena	kW	8
Rozměry stroje délka x šířka x výška	mm	3875 x 2122 x 2345
Hmotnost stroje	kg	7900

3.1.3 Soustruh

Pro vyvrtání vnitřních průměrů součásti Tělo je potřeba použít CNC soustruh s větším rozjezdem os. Z důvodu omezeného počtu strojů na dílně je pro vrtání použit soustruh SV 18 RD (obr. 3.3).

Ostatní plochy budou poté vyrobeny na CNC soustruhu SP 280 SY (Kapitola 1.2). Pro snížení nákladů výroby je součástka Záslepka soustružena zde, protože neobsahuje žádné složité tvarové plochy, pouze závit a zkosení.



Obr. 3.3 Soustruh SV 18 RD.

Tabulka 3.3 Parametry SV 18 RD [12].

Oběžný průměr na ložem	mm	380
Výkon	kW	14
Maximální otáčky vřetena	min ⁻¹	2800
Vzdálenost špiček	mm	1250
Rozměry stroje šířka x délka	mm	950 x 3200
Hmotnost	kg	2100

Frézka

Kapsa na součásti Záslepka je vyrobena pomocí frézování. K tomu je zvolena frézka FGH 32 (obr. 3.4.).



Obr. 3.4 Frézka FGH 32.

Tabulka 3.4 Parametry FGH 32 [13].

Rozjezdy os X/Y/Z	mm	850/300/420
Upínací plocha stolu	mm	320 x 1250
Maximální zatížení stolu	kg	300
Maximální otáčky vřetena	min ⁻¹	1400
Maximální výkon motoru	kW	5,5
Rozměry délka x šířka x výška	mm	3410 x 2400 x 1720
Hmotnost	kg	2800

Vrtačka

Vyvrtání díry součásti Záslepka a děr na součásti Krytka proběhne na sloupové vrtačce VS 20A (obr. 3.5).



Obr. 3.5 Vrtačka VS 20A.

Tabulka 3.5 Parametry VS 20A [14].

Vrtací průměr	mm	20
Zdvih	mm	160
Otáčky – počet stupňů	–	9
Otáčky – maximální	min^{-1}	2800
Otáčky motoru	min^{-1}	1400
Výkon motoru	kW	1,6
Velikost stroje šířka x délka	mm	565 x 1035
Hmotnost	kg	610

3.2 Vzorové výpočty

Volba řezných podmínek

Pro všechny obráběcí operace jsou zvoleny i řezné podmínky. Pro ty se vychází z obecných vztahů pro soustružení, frézování a vrtání [15,16,17,18]. Výpočet bude proveden vzorově pro každý použitý vztah.

3.2.1 Soustružení

Řezná rychlost

Pro výpočet řezné rychlosti je jako příklad použit první soustružnická operace z výroby součásti Tělo v operaci 03/03, sražení čela. Pro vztah (1.1)[15,17] se dosadí největší průměr 40 mm.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.1)$$

Ze vztahu lze poté vyjádřit otáčky n (1.2):

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (1.2)$$

Kde: v_c = řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

π = konstanta [-]

D = průměr obrobku [mm]

n = otáčky [min^{-1}]

Hodnotu v_c lze zjistit z obalu VBD použité pro operaci, $v_c = 120\text{--}610 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ (Příloha 7). Pro zarovnání čela, které již na hotovém kusu zůstává, je vhodné volit hodnotu pro soustružení na čisto [18]. Hodnota je v tomto případě $140\text{--}350 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ [18]. Pro zkrácení strojního času je proto zvolena hodnota $350 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Poté se do vztahu (1.3) dosadí hodnoty a zjistí potřebné otáčky stroje.

$$n = \frac{1000 \cdot 350}{\pi \cdot 40} \quad (1.3)$$

$$n = 2785,2 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Otáčky zvolené pro zarovnání čela jsou poté zaokrouhleny na 2785 min^{-1} , které stroj umožňuje.

Posuv na otáčku

Hodnota posuvu na otáčku f , potřebná pro výpočet je zvolena z obalu VBD (Příloha 7). Její rozmezí se nachází mezi 0,10–0,30 mm. Pro soustružení na čisto se hodnoty posuvu pohybují v rozmezí 0,05–0,3 mm [18]. Hodnota pro výpočet (2.1)[15,17] je zvolena v polovině intervalu, tedy $f = 0,2$ mm.

Posuvová rychlost

Vedlejší pohyb při soustružení vykonává soustružnický nůž a je jím posuvová rychlost v_f . Ta je definována posuvem na otáčku f a otáčkami n . Vztah (2.1)[15,17] má tedy tvar:

$$v_f = f \cdot n \quad (2.1)$$

Kde: v_f = posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

f = posuv na otáčku [mm]

n = otáčky [min^{-1}]

Po dosazení hodnot do vztahu (2.2) vychází:

$$\begin{aligned} v_f &= 0,2 \cdot 2785,2 \\ v_f &= 557 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}] \end{aligned} \quad (2.2)$$

Šířka záběru ostří

Jako další je potřeba určit šířku záběru ostří a_p . Z ní je poté možné určit minimální potřebný počet přejezdů pro odebrání materiálu. Hodnoty na obalu pro zvolenou VBD (Příloha 7) jsou v rozmezí 0,4–7 mm. Pro první přejezdy je vhodné volit vyšší hodnoty. To zkrátí trvanlivost VBD a zkrátí čas obrábění. Pro zarovnání čela není ale potřeba velké šířky záběru a hodnota je proto zvolena $a_p = 1$ mm.

Délka dráhy

Pro výpočet času operace je potřeba zjistit také délku dráhy. Ta se spočítá ze tří částí dle vztahu (3.1)[15,17]:

(3.1)

$$L = l_n + l + l_p$$

Kde: L = Délka dráhy [mm]

l_n = délka nájezdu [mm]

l = délka dráhy řezu [mm]

l_p = délka přejezdu [mm]

Dráha nájezdu l_n před oblastí řezu je zvolena 4 mm, pro bezpečný příjezd nástroje k obrobku. Dráha přejezdu l_p z oblasti řezu je zvolena také 4 mm pro bezpečný odjezd. Dráha řezu l je v případě zarovnání čela rovna poloměru polotovaru, tedy 20 mm.

Z dosazených hodnot poté vychází (3.2):

(3.2)

$$L = 4 + 20 + 4$$

$$L = 28 \text{ [mm]}$$

Čas automatického chodu stroje

Jako poslední je potřeba spočítat čas operace t_{AS} . Ten se spočítá ze vztahu (4.1)[15,17]:

(4.1)

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f}$$

Kde: t_{AS} = čas automatického chodu stroje [min]

v_f = posuvová rychlost [mm·min⁻¹]

L = délka dráhy [mm]

Pro zarovnání čela je potřeba přejezd čela pouze jednou. Všechny ostatní potřebné hodnoty byly již spočítány v předchozích výpočtech. Proto je stačí pouze dosadit (4.2).

$$t_{AS} = \frac{28}{557} \quad (4.2)$$
$$t_{AS} = 0,0502 \text{ [min]}$$

3.2.2 Frézování

Jako ukázkový výpočet pro frézování je použita operace frézování drážek v součásti Tělo.

Řezná rychlost

Hlavní pohyb při frézování koná nástroj fréza. Jeho hlavním parametrem je řezná rychlost.

Pro výpočet řezné rychlosti je použit vztah (5.1) [15,17]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n}{1000} \quad (5.1)$$

Kde: v_c = řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

π = konstanta [-]

D_f = průměr frézy [mm]

n = otáčky [min^{-1}]

Protože hlavní pohyb zde koná fréza, je jako hodnota D_f dosazen průměr frézy. Řezné rychlosti jsou pro frézy z rychlořezné oceli při frézování hliníkových slitin v hodnotách mezi $250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ [18]. Z toho důvodu jsou po zkušebním dosazení nižších otáček zvoleny nejvyšší otáčky stroje $n = 4000 \text{ min}^{-1}$.

Po dosazení do vztahu (5.2) tedy vychází:

$$v_c = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 4000}{1000} \quad (5.2)$$
$$v_c = 100,53 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

Posuvová rychlost

Vedlejší pohyb při frézování je posuvová rychlost v_f . Pohyb koná obrobek. Hodnota posuvové rychlosti závisí na posuvu na zub f_z , počtu zubů frézy za otáček n .

Pro výpočet posuvové rychlosti je použit vztah (6.1)[15,17]:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad (6.1)$$

Kde: v_f = posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

f_z = posuv na zub [mm]

n = otáčky [min^{-1}]

z = počet zubů [-]

Počet zubů frézy je dva. Otáčky byly již v předchozím výpočtu zvoleny 4000 min^{-1} . Hodnota f_z je poté zvolena $0,2 \text{ mm}$ [18].

Po dosazení (6.2) vychází:

$$\begin{aligned} v_f &= 0,2 \cdot 2 \cdot 4000 \\ v_f &= 1600 [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}] \end{aligned} \quad (6.2)$$

Hloubka záběru

Pro frézování v této operaci je použita fréza s délkou ostří 20 mm . Jelikož se jedná o hrubovací operaci, je hloubka záběru zvolena do 3 mm . Při hloubce drážky $7,5 \text{ mm}$ to znamená hloubku záběru $2,5 \text{ mm}$.

Délka dráhy

Pro výpočet délky dráhy je použit vzorec (7.1) [15,17]:

$$L = l_n + l + l_p \quad (7.1)$$

Kde: L = Délka dráhy [mm]

l_n = délka nájezdu [mm]

l = délka dráhy řezu [mm]

l_p = délka přejezdu [mm]

Délky nájezdu a přejezdu jsou zvoleny 8 mm pro bezpečné vyjetí nástroje z řezu. Délka l je $27,5 \text{ mm}$.

Z dosazených hodnot poté vychází (7.2):

$$L = 8 + 27,5 + 8 \quad (7.2)$$

$$L = 43,5 \text{ [mm]}$$

Čas automatického chodu stroje

Dále je třeba stanovit dobu operace t_{AS} , podle vztahu (8.1)[15,17]:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \quad (8.1)$$

Kde: t_{AS} = čas automatického chodu stroje [min]

v_f = posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

L = délka dráhy [m]

Pro výpočet celkového času je nutné také zjistit potřebný počet přejezdů a tímto číslem poté hodnotu t_{AS} vynásobit. Hodnota i je stanovena jako podíl a_p , zvolené 2,5 mm vůči hloubce drážky h , která je 7,5 mm. V tomto případě je hodnota $i = 3$ [-].

Po dosazení (8.2) vychází:

$$t_{AS} = \frac{43,5 \cdot 3}{1600} \quad (8.2)$$

$$t_{AS} = 0,0816 \text{ [min]}$$

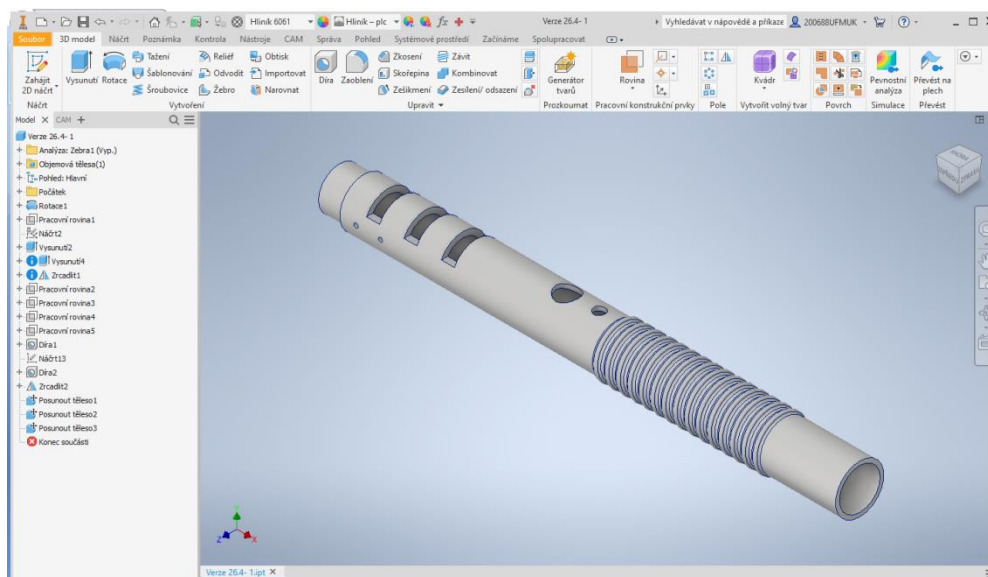
Čas pro vyhrubování jedné drážky je 0,0816 min. Toto číslo se poté vynásobí a výsledná hodnota je čas pro přefrézování všech tří drážek. Výsledný čas je tedy 0,2447 min.

4 PŘÍPRAVA DAT A SEŘÍZENÍ STROJŮ

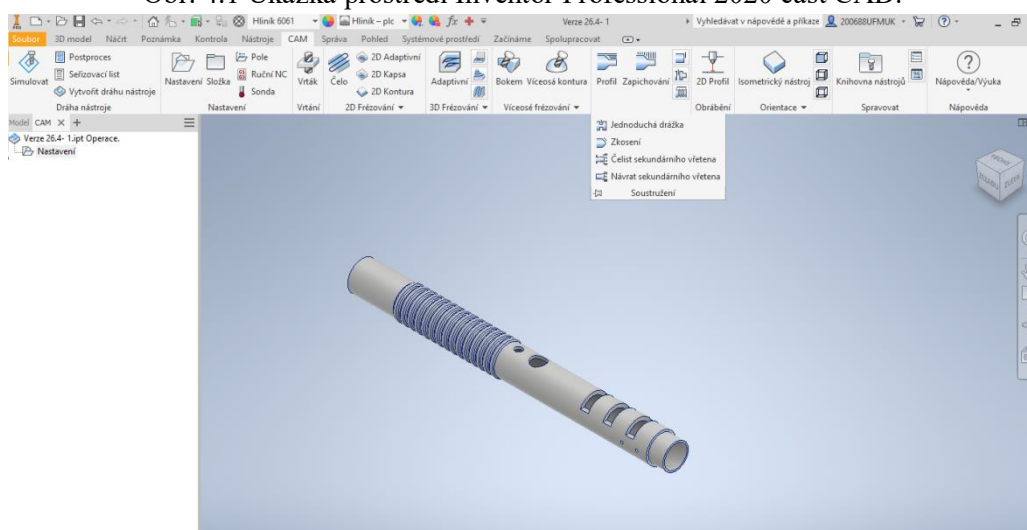
4.1 Použité programy

Autodesk Inventor Professional 2020

Pro výrobu součástí Tělo je potřeba vytvořit NC programy. Ty jsou vytvořeny v programu Autodesk Inventor Professional 2020 (obr. 4.1). Jde o CAD/CAM software střední vyšší třídy. Stejně jako SolidWorks používá metodu přímého modelování pomocí vazeb a kót. Díly se i zde skládají do sestav a díly i sestavy se dají přenášet do výkresu. Výkresy jsou vázané na modely a změna modelu se promítá do výkresu. Jedním z modulů softwaru je také prostředí Inventor CAM (obr. 4.2). Zde je možné vytvářet simulace obrábění vymodelovaných součástí a následně pomocí postprocesu vytvořit program pro NC stroje. CAM zvládá operace vrtání, 2D i 3D frézování, soustružení, obrábění vodním paprskem, laserem a plazmou a 5osé obrábění.



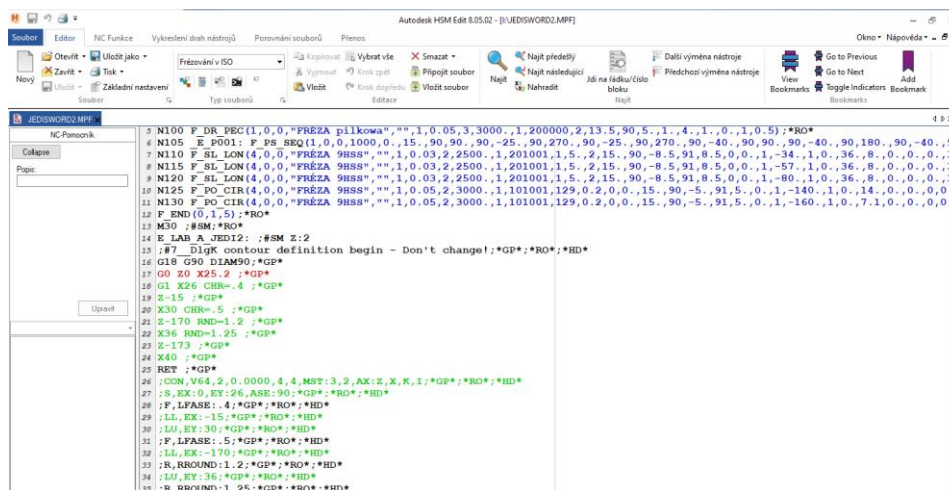
Obr. 4.1 Ukázka prostředí Inventor Professional 2020 část CAD.



Obr. 4.2 Ukázka prostředí Inventor Professional 2020 část CAM.

Autodesk HSM Edit 8.05.02

Pro kontrolu dat je výsledný NC program po vygenerování automaticky otevřen v programu Autodesk HSM Edit 8.05.02 (obr. 4.3). Jde o jednoduchý editor programu, který umožňuje ruční přepisování dat a náhled na dráhu nástroje.

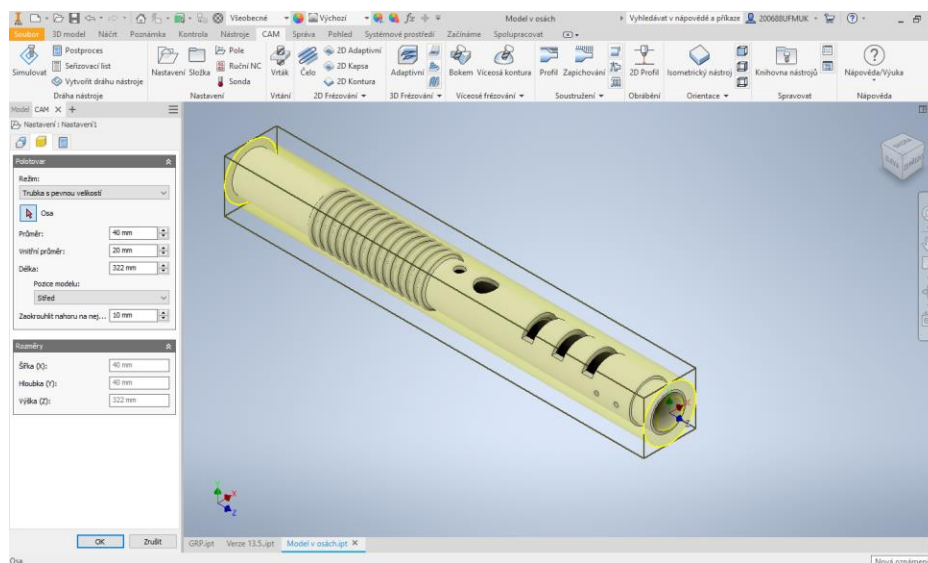


Obr. 4.3 Ukázka prostředí Autodesk HSM s ukázkou programu.

4.2 Programování součásti Tělo

Program pro součást Tělo je vytvářen ve třech částech. V první části (Příloha 8) jsou vytvořeny profil součásti pro soustružení, frézování kapsy v přední části, děr a závitových děr. V druhé části je naprogramována druhá strana součásti (Příloha 9). Jako třetí je poté zvlášť vytvořen program pro gravírování na součásti (Příloha 10). Pro zrychlení výpočtu drah a přehlednosti je část gravírování oddělena na druhý program.

Vytvořenému modelu součásti je v prvním kroku přiřazen souřadný systém a polotovár. Obráběný materiál má rozměry polotovaru zvětšený o přírůstky 2,5 mm na každé straně z důvodu nepřesnosti řezání pásové pily [16]. Souřadný systém se volí podle stroje tak, že osa Z vede osou součásti a osa Y je kolmo vzhůru (obr. 4.4).

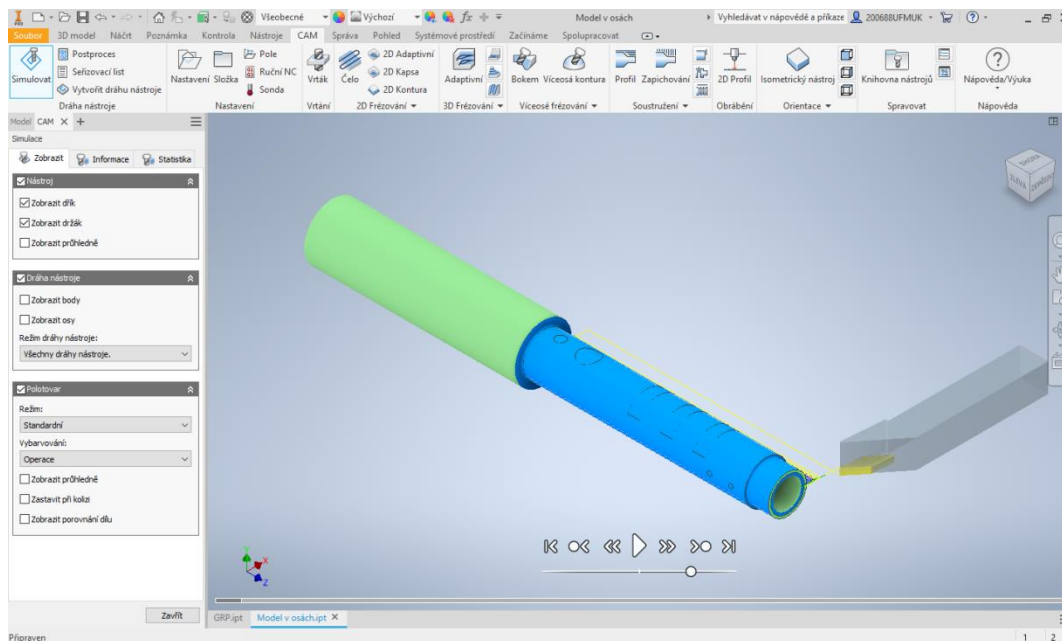


Obr. 4.4 Polotovár a souřadný systém.

Součástka má jako hotový kus příliš tenkou stěnu pro upnutí do čelistí stroje. Při pokusu upnout součást mezi hroty se začne bortit. Při menší síle naopak součástka ve stroji prokluzuje.

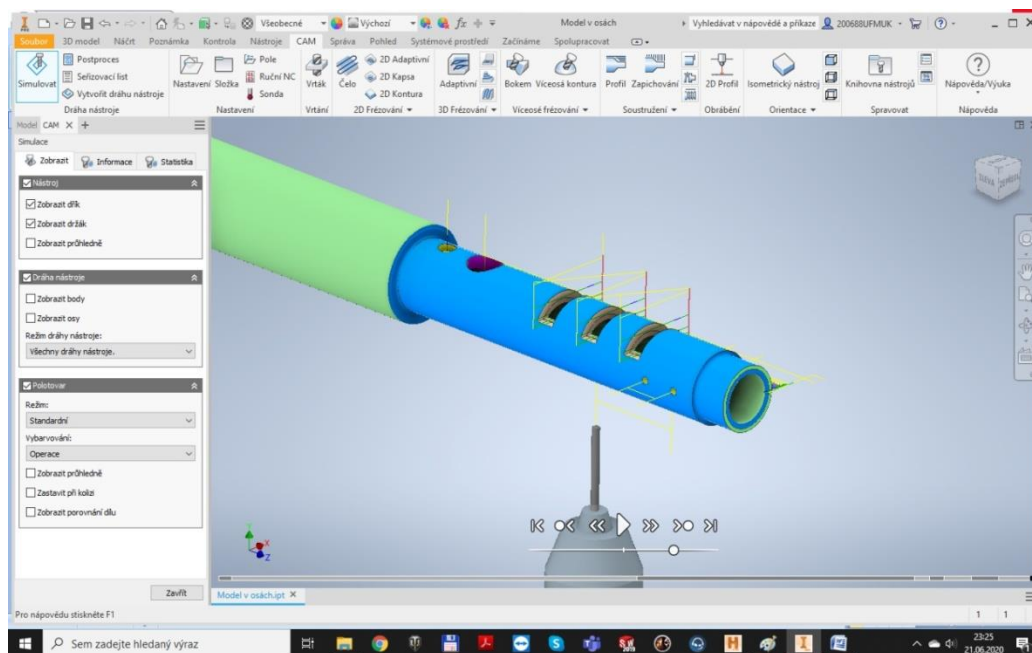
Proto je nejprve soustružena jedna polovina po začátek vlnkového profilu a součást bude poté ručně otočena. Do součástky je poté vložena podpurná tyč a zajištěna v součásti pomocí již vyrobených závitů. Poté se dá součást obrábět na upnutí do čelistí.

V prvním kroku je sraženo čelo. Poté se soustruží požadované průměry (obr. 4.5).



Obr. 4.5 Sražené čelo a průměry.

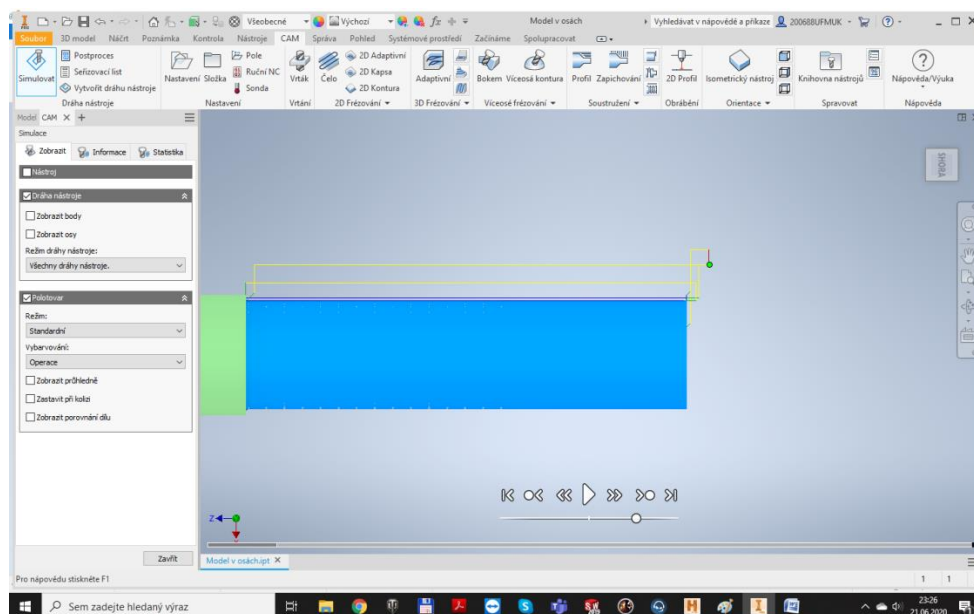
V druhém kroku jsou vytvořeny dráhy pro drážky v součásti a vyrobeny závitů (obr. 4.6).



Obr. 4.6 Drážky a závity.

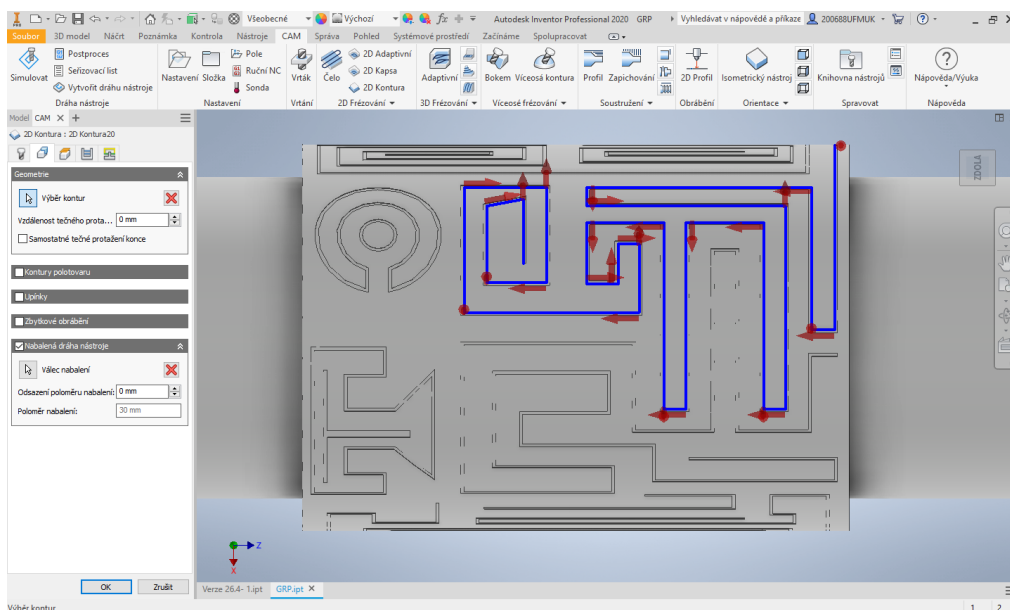
Součástka je poté „otočena“ naprogramováním nového nulového bodu (obr. 4.7) a je vytvořen vlnkový profil. Zároveň je vevnitř vytvořen závit.

Kvůli chybě v softwaru je vygenerována dráha pouze pro sražení čela a soustružení průměrů. Část programu pro vytvoření vlnkového profilu je proto napsána ručně v programu Autodesk HSM a do programu vložena. Z tohoto důvodu není na obrázku (obr. 4.7) vidět dráha pro profil.



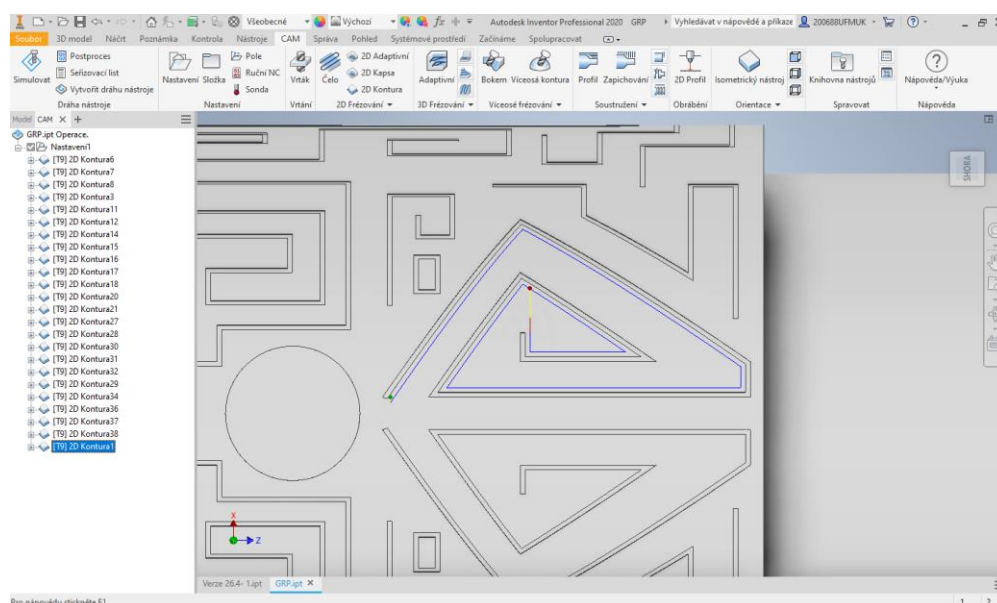
Obr. 4.7 Nulový bod 2, soustružení průměru.

Pro vytvoření gravírování je použita nová součástka se shodnými průměry a délkami. Na této součástce je vytvořen vzor pro gravírování a vytvořeny dráhy pro něj (obr. 4.8). Pro vytvoření drah je použita funkce 2D kontura. Ta je nabalena na průměr součásti a dráha kopíruje dráhu vytvořené drážky.



Obr. 4.8 Dráhy gravírování.

Drážka je zde pouze pro vytvoření dráhy. Její rozměry jsou pouze kontrolní a odchylka (obr. 4.9) mezi dráhou nástroje a drážkou je zohledněna při tvoření drážek.



Obr. 4.9 Dráhy gravírování.

5 VYROBENÍ A SESTAVENÍ PROTOTYPOVÉHO VZORKU

5.1 Výrobní postupy

Výrobní postup součásti Tělo

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název dílu: Tělo	
				Název sestavy: Rukojeť	
Vytvořil: Bršťák Ondřej				Číslo výkresu: BP-01-01	
Kontroloval:				Polotovar: 40x10 EN AW-6060	
Datum vytvoření: 19. 6. 2020				List: 1	
Číslo operace pořadové/ orientační	Název pracoviště, Název stroje, Číslo stroje	Dílna	Operace	Výrobní nástroje, Přípravky, Měřidla, Pomůcky	Materiál nástroje
00/00	Pásová pila 05967	Řezárna	Upnout trubku EN AW-6060 40x5 Řezat na délku 325 ± 1	M1	
01/01	Soustruh 04126	Obrobna	Upnout za průměr 40 Vrtat díru průměr $24 \pm 0,1$ do hloubky 100 - 0,5	T6	RO
02/02	Soustruh 04126	Obrobna	Otočit kus Vrtat díru průměr $25 \pm 0,2$ do hloubky 210 - 0,5	T7	RO
03/03	CNC Soustruh 44423	Obrobna	Upnout za průměr 40 v délce 140 Zarovnat čelo Soustružit na průměr 31 v délce 172 - 0,5 Soustružit na průměr $30 \pm 0,1$ v délce 170 - 0,5 Soustružit na průměr $27 \pm 0,2$ v délce $15 \pm 0,2$ Frézovat drážky šířka 8 hloubka 7,5 Frézovat drážky šířka $8 \pm 0,1$ hloubka $8,5 \pm 0,2$ Vrtat díru průměr $14 \pm 0,2$ Vrtat díru průměr $7 \pm 0,2$ Vrtat díru průměr $2,5 \pm 0,1$ Vrtat díru průměr $3,3 \pm 0,1$ Řezat závit M3x0,5 Řezat závit M4x1	T1 T2 T4 T5 T8 T9 T12 T14	RO RO RO RO RO RO SK RO

FSI VUT	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	List 38
---------	------------------	---------

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název dílu: Tělo	
				Název sestavy: Rukojeť	
Vytvořil: Bršťák Ondřej				Číslo výkresu: BP-01-01	
Kontroloval:				Polotovár: 40x10 EN AW-6060	
Datum vytvoření: 19. 6. 2020				List: 2	
Číslo operace pořadové/ orientační	Název pracoviště, Název stroje, Číslo stroje	Dílňa	Operace	Výrobní nástroje, Přípravky, Měřidla, Pomůcky	Materiál nástroje
03/03	CNC Soustruh 44423	Obrobna	Gravírovat dle programu GRAVIOVANI	T16	RO
04/04	CNC Soustruh 44423	Obrobna	Vložit tyč do průměru 24 ± 0,1 Zajistit tyč šroubem Upnout za průměr 30 ± 0,1 v délce 150 Soustružit zápichy dle programu PROFIL	T11 T12 T13	SK SK SK
05/05	OTK 09863	Kontrola	Kontrolovat délku 320 ± 0,5 - 10% Kontrolovat průměr 30 ± 0,1 - 20% Kontrolovat průměr 27 ± 0,2 - 10% Kontrolovat díru 24 ± 0,1 - 100% Kontrolovat drážku šířka 8 ± 0,2 - 10% Kontrolovat drážku hloubka 8,5 ± 0,2 - 20% Kontrolovat díru 14 + 0,2 - 40% Kontrolovat díru 7 + 0,2 - 40% Kontrolovat závit M3x0,5 - 20% Kontrolovat závit M4 - 20% Kontrolovat závit M27x1 - 20%	M1 M3 M4 M5	

Výrobní postup součásti Záslepka

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název dílu: Záslepka	
				Název sestavy: Rukojeť	
Vytvořil: Bršťák Ondřej				Číslo výkresu: BP-01-02	
Kontroloval:				Polotovar: ϕ 35 EN AW-6063	
Datum vytvoření: 19. 6. 2020				List: 1	
Číslo operace pořadové/ orientační	Název pracoviště, Název stroje, Číslo stroje	Dílna	Operace	Výrobní nástroje, Přípravky, Měřidla, Pomůcky	Materiál nástroje
00/00	Pásová pila 05967	Řezárna	Upnout tyč EN AW-6063 ϕ 35 Řezat na délku $43 \pm 0,2$	M1	
01/01	Soustruh 04126	Obrobna	Upnout za průměr 35 v délce 20 Zarovnat čelo Soustružit na průměr 31 v délce $21 + 0,5$ Soustružit na průměr $30 + 0,2$ v délce $20 \pm 0,2$ Srazit hrany průměr 30 $5 \times 45^\circ$	T12	SK
02/02	Soustruh 04126	Obrobna	Upnout za průměr 30 v délce 15 Zarovnat čelo na délku $40 \pm 0,2$ Soustružit na průměr 31 v délce $26 + 0,5$ Soustružit na průměr $30 - 0,1$ v délce $25 \pm 0,2$ Soustružit na průměr $27,5 + 0,1$ v délce $15 \pm 0,2$ Řezat závit M27x1 v délce 13+1 Odstranit ostré hrany průměr 30 - 1x	T10 T12	SK SK
03/03	Frézka 05135	Obrobna	Upnout za průměr 30 ve výšce osy Frézovat kapsu $12 \pm 0,2 \times 16 \pm 0,2$ hloubka $11 - 0,2$ Frézovat kapsu $12 \pm 0,2 \times 16 \pm 0,2$ hloubka $12 \pm 0,2$	T15	RO

FSI VUT	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	List 40
---------	------------------	---------

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název dílu: Záslepka	
				Název sestavy: Rukojeť	
Vytvořil: Bršťák Ondřej				Číslo výkresu: BP-01-02	
Kontroloval:				Polotovary: φ 35 EN AW-6063	
Datum vytvoření: 19. 6. 2020				List: 1	
Číslo operace pořadové/ orientační	Název pracoviště, Název stroje, Číslo stroje	Dílňa	Operace	Výrobní nástroje, Přípravky, Měřidla, Pomůcky	Materiál nástroje
04/04	Vrtačka 04623	Obrobna	Upnout za průměr 30 Vrtat díru průměr 5 ± 0,1 skrz Srazit hrany 0,5x45° na průměru 5	T3	RO
05/05	OTK 09863	Kontrola	Kontrolovat průměr 30 -0,1 - 10% Kontrolovat kapsu 12 ± 0,2 x 16 ± 0,2 – 10% hloubka 12 ± 0,2 - 10% Kontrolovat díru 5 ± 0,1 - 10% Kontrolovat závit M27x1 - 20%	M1 M2	

Výrobní postup součásti Krytka

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název dílu: Krytka	
				Název sestavy: Rukojeť	
Vytvořil: Bršťák Ondřej				Číslo výkresu: BP-01-03	
Kontroloval:				Polotovar: $\phi 32 \times 2$ EN AW-6060	
Datum vytvoření: 19. 6. 2020				List: 1	
Číslo operace pořadové/ orientační	Název pracoviště, Název stroje, Číslo stroje	Dílna	Operace	Výrobní nástroje, Přípravky, Měřidla, Pomůcky	Materiál nástroje
00/00	Pásová pila 05967	Řezárna	Upnout trubku EN AW-6060 32x1 Řezat na délku $27,6 \pm 0,2$	M1	
01/01	Tabulové nůžky 03973	Dělrna	Rozstříhnout na dvě poloviny Stříhat na šířku $7 \pm 0,2$		
02/02	Vrtačka 04623	Obrobna	Upnout naplocho Vrtat díru průměr $3,3 + 0,1$	T2	RO
03/03	Bruska 05761	Obrobna	Zarovnat na délku $25 \pm 0,2$ Zaoblit hrany mezi rozměry $7 \pm 0,2$ a $25 \pm 0,2$ na R2,5		
04/04	OTK 09863	Kontrola	Kontrolovat délku $25 \pm 0,2 - 10\%$ Kontrolovat šířku $7 \pm 0,2 - 10\%$ Kontrolovat díru $3,3 + 0,1 - 10\%$	M1	

5.2 Použité nástroje a měřidla

Tabulka 5.1 Seznam nástrojů vrtáky, závitníky. [19,20,21]

Číslo	Název	Výrobce	Použitý stroj	Označení nástroje
T1	Vrták 2,5 mm	StimZet	SP 280 SY	ČSN 21 1121 – 2,5MM HSS
T2	Vrták 3,3 mm	DormerPramet	SP 280 SY, VS 20 A	3030DS-3.3-13-A06
T3	Vrták 5 mm	DormerPramet	VS 20 A	3030DS-5.0-20-A06
T4	Vrták 7 mm	DormerPramet	SP 280 SY	3030DS-7.0-24-A08
T5	Vrták 14 mm	DormerPramet	SP 280 SY	3030DS-14.0-43-A14
T6	Vrták 24 mm	StimZet	SV 18 RD	ČSN 02 1140 24,0
T7	Vrták 25 mm	StimZet	SV 18 RD	ČSN 02 1140 25,0
T8	Závitník M3x0,5	Narex	SP 280 SY	M3 6H 1500
T9	Závitník M4x1	Narex	SP 280 SY	M4 6H 1500

Tabulka 5.2 Seznam nožů. [20]

Číslo	Název	Výrobce	Použitý stroj	Označení nástroje	Označení destičky
T10	Závitový nůž vnější	DormerPramet	SP 280 SY	SEL 2020 16 K	TN 16EL 100M
T11	Závitový nůž vnitřní	DormerPramet	SP 280 SY	SIL 1416 N 16-1	TN 16NL100M
T12	Soustružnický nůž vnější	DormerPramet	SP 280 SY, SV 18 RD	DCLNL 2525 M12	CCGT 120404F- AL
T13	Zapichovací nůž 3 mm	DormerPramet	SP 280 SY	GFIL 1616 H 03	LCMF 0316MO-MP

Tabulka 5.3 Seznam fréz. [20,22]

Číslo	Název	Výrobce	Použitý stroj	Označení nástroje
T14	Fréza 8 mm	DormerPramet	SP 280 SY	08E2S64-20A08 NEPU
T15	Fréza 12 mm	DormerPramet	FGH 32	12E2S75-25A12 NEPU
T16	Gravírovací jehla 1 mm	Kofix	SP 280 SY	95 – YDJ3.1008

Tabulka 5.4 Seznam měřidel. [23,24]

Číslo měřidla	Název	Výrobce	Označení
M1	Posuvné měřidlo	Mitutoyo	500-716-20
M2	Závitový kroužek	MEUSBURGER	M27x1 6G
M3	Závitový trn M3x0,5	MEUSBURGER	M3x0,5 6H
M4	Závitový trn M4x1	MEUSBURGER	M4x1 6H
M5	Závitový trn M27x1	MEUSBURGER	M27x1 6G

5.3 Sestavení prototypového vzorku

Z důvodu těžké havárie na stroji SP 280 SY, nebylo možné dokončit výrobu součásti Tělo. Součást zůstala v nedokončeném stavu (obr. 5.1) bez gravírování a vlnkového profilu.



Obr. 5.1 Nedokončená součást Tělo.

Časy, potřebné v další kapitole jsou proto použity pouze teoretické z hodnot, které spočítal CAM software a z normativů [25,26], nikoliv reálné časy ověřené na dílně.

6 SROVNÁNÍ S TOVÁRNÍMI VÝROBKY BĚŽNÉ PRODUKCE

6.1 Odhad výrobní ceny

Jako první krok v porovnání je potřeba určit cenu výrobku. Pomocí výpočtů v předchozí části je spočítán celkový čas chodu stroje. Pomocí vztahu (9.1) [15,18] jsou poté spočítány náklady stroje.

$$N_S = t_{AS} \cdot N_{SM} \quad (9.1)$$

Kde: N_S = náklady na strojní práci vztažené na jeden kus [Kč]

t_{AS} = čas automatického chodu stroje [min]

N_{SM} = minutová sazba stroje [$\text{Kč} \cdot \text{min}^{-1}$]

Pro vzorový výpočet je použit jako stroj CNC SP 280 SY, jelikož jde o nejdelší strojní čas a je nejdůležitější stroj výroby. Průměrná hodnota minutových sazeb pro CNC stroje se pohybuje v rozmezí od 8,33 do 10,83 $\text{Kč} \cdot \text{min}^{-1}$ [27,28], podle velikosti série a konkrétní firmy. Pro výpočet je tedy volena střední hodnota $N_{SM} = 9,58 \text{ Kč} \cdot \text{min}^{-1}$.

Po dosazení hodnot vychází (9.2):

$$\begin{aligned} N_S &= 11,4296 \cdot 9,58 \\ N_S &= 109,50 \text{ [Kč]} \end{aligned} \quad (9.2)$$

Jako další je potřeba určit náklady na vedlejší práci N_V . Ta se spočítá podle vztahu (10.1.) [15,18]:

$$N_V = t_{AV} \cdot \frac{D_V}{60} \quad (10.1)$$

Kde: N_V = náklady na vedlejší práci vztažené na jeden kus [Kč]

t_{AV} = čas vedlejší práce [min]

D_V = hodinová sazba vedlejší práce [$\text{Kč} \cdot \text{hod}^{-1}$]

Pro výpočet nákladů je potřeba stavit hodnotu hodinové sazby vedlejší práce. Pro její výpočet je použit vztah (10.2) [15]:

$$D_v = M \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \quad (10.2)$$

Kde: D_v = hodinová sazba vedlejší práce [Kč·hod⁻¹]

M = mzdový tarif dělníka pro vedlejší práce [Kč·hod⁻¹]

R = režie dílny pro vedlejší práce [-]

Průměrný mzdový tarif dělníka je v současné době 217,03 Kč·hod⁻¹ [29]. Hodnota režie dílny pro vedlejší práce se liší u každé firmy. Její hodnoty se nejčastěji pohybují okolo 15 – 20 %. Jelikož výrobek je vyráběn ve školní dílně, je tato hodnota brána pouze teoreticky a opět se použije střední hodnota, tedy 17,5 %. Po dosazení (10.3) dostáváme:

$$D_v = 217,03 \cdot \left(1 + \frac{0,175}{100}\right) \quad (10.3)$$

$$D_v = 255,01 \text{ [Kč·hod}^{-1}\text{]}$$

Tím se získá hodnota D_v pro výpočet nákladů vedlejší práce (10.4):

$$N_v = 17,29 \cdot \frac{255,01}{60} \quad (10.4)$$

$$N_v = 73,48 \text{ [Kč]}$$

Dále je potřeba započítat také náklady na nástroj a jeho výměnu. Pro ukázkou je spočítán nástroj DCLNL 2525 M12. Náklady se spočítají pomocí vztahu (11.1)[15,18]:

$$N_T = \frac{N_1}{n_B} + \frac{N_2}{z_D} + N_3 \quad (11.1)$$

Kde: N_T = náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jednu trvanlivost [Kč]

N_1 = cena VBD [Kč]

N_2 = cena držáku [Kč]

N_3 = náklady na upnutí a seřízení VBD [Kč]

n_B = počet břitů destičky [-]

z_D = životnost držáku [-]

Náklady na upnutí jsou vypočítány z ceny hodinové sazby vedlejší práce a času potřebného pro upnutí a seřízení nástroje [15,18,26] podle vztahu (11.2):

$$N_3 = \frac{D_V}{60} \cdot t_s \quad (11.2)$$

Kde: D_V = hodinová sazba vedlejší práce [Kč·hod⁻¹]

t_s = čas pro výměnu nástroje [min]

Po dosazení do vztahu (11.3) vychází:

(11.3)

$$N_3 = \frac{255,01}{60} \cdot 8$$

$$N_3 = 34,00 \text{ [Kč]}$$

Hodnota z_D určuje životnost držáku. Ta je zvolena na jednu výměnu za hodinu po dobu jednoho roku, tedy 4016 cyklů. Dále jsou získány ostatní hodnoty potřebné pro výpočet. [30,31,32,33,34]. Po dosazení do vztahu (11.4) vychází:

$$N_T = \frac{340,1}{2} + \frac{2410}{4016} + 34 \quad (11.4)$$

$$N_T = 204,60 \text{ [Kč]}$$

Poté je potřeba zjistit náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jeden obráběný kus. Ty se spočítají pomocí vztahu (12.1) [15,18]:

$$N_{N1} = \frac{N_T}{\lambda \cdot t_{AS1}} \quad (12.1)$$

Kde: N_{N1} = náklady na nástroj a jeho

výměnu vztažené na jeden obráběný kus [Kč]

N_T = náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jednu trvanlivost [Kč]

T = trvanlivost nástroje [min]

t_{AS1} = čas automatického chodu stroje pro první nástroj [min]

λ = čas nástroje v záběru [-]

Trvanlivost nástroje je pro soustružnický nůž počítána obvykle na 5,10, nebo 15 minut. Pro výpočet je proto použita střední hodnota. Po dosazení (12.2) vychází:

$$N_{N1} = \frac{\frac{204,65}{10}}{0,714 \cdot 0,0503} \quad (12.2)$$

$$N_{N1} = 0,73 \text{ [Kč]}$$

Stejným způsobem je poté potřeba spočítat i všechny ostatní nástroje (Příloha 45) a ceny sečíst. Tím se získá konečná hodnota $N_N = 129,48 \text{ Kč}$.

Výsledná cena se určí jako součet předchozích nákladů podle vztahu (13.1) [15,18]:

$$N_C = N_S + N_N + N_V \quad (13.1)$$

Kde: N_C = celkové operační výrobní náklady na jeden kus [Kč]

N_S = náklady na strojní práci vztažené na jeden kus [Kč]

N_N = náklady na nástroj a jeho výměnu
vztažené na jeden kus [Kč]

N_V = náklady na vedlejší práci vztažené na jeden kus [Kč]

Po dosazení hodnot do vztahu (13.2) vychází cena na jeden kus:

$$N_C = 109,50 + 129,48 + 73,48 \quad (13.2)$$

$$N_C = 312,46 \text{ [Kč]}$$

Stejným způsobem se spočítají i ostatní stroje (Tabulka 6.1)(Příloha 44, 45).

Tabulka 6.1 Cena operací pro jednotlivé stroje.

Název stroje	Cena operací na stroji [Kč]
SP 280 SY	312,46
FGH 32	157,68
SV 18 RD	70,58
VS 20A	70,21
Σ	610,93

Pro stanovení výsledné ceny je potřeba započítat i cenu materiálu (Příloha 11,12,13). Po průzkumu trhu byla tato hodnota stanovena na 502 Kč. Celková cena na jeden kus tedy vychází 1112,93 Kč. Čas výroby je spočítán ze součtu časů t_{AS} (Příloha 45) a t_{AV} [25,26]. Celkový čas pro výrobu je 162,61 minut.

6.2 Využití materiálu

Jako další je spočítáno využití materiálu. Pomocí programu SolidWorks 2019 Education Edition jsou vytvořeny polotovary vyráběných součástí a součástí. Jejich hmotnosti jsou poté vypsány v tabulce (Tabulka 6.2).

Tabulka 6.2 Hmotnosti součástí a polotovarů.

Název součásti	Hmotnost součásti [kg]	Hmotnost polotovaru [kg]
Tělo	0,2259	0,8270
Záslepka	0,0576	0,1117
Krytka	0,00042	0,00048

Ztráty vzniklé obráběním

Jako první je potřeba spočítat ztráty vzniklé obráběním. Pro vzorový výpočet je počítána součást tělo. Ty se spočtou dle vztahu (14.1) [35]:

$$q_o = Q_p - Q_o \quad (14.1)$$

Kde: q_o = ztráta obráběním třískami [kg]

Q_p = hmotnost polotovaru [kg]

Q_o = hmotnost obrobku [kg]

Po dosazení (14.2) vychází:

$$q_o = 0,8270 - 0,2259 \quad (14.2)$$

$$q_o = 0,6011 \text{ [kg]}$$

Ztráty vzniklé dělením polotovaru

Při každém dělení na pásové pile vzniká ztráta části materiálu. Ta je rovna šířce pásu pily, který je 0,9 mm. Pomocí programu SolidWorks 2019 Education Edition je spočtena hmotnost polotovaru o šířce 0,9 mm. Ztráta dělením polotovaru je tedy $q_u = 0,002286 \text{ kg}$.

Ztráty z nevyužitého konce tyče

Při dělení je tyč rozřezána na kusy o délce 325 mm. Mezi třemi kusy tak vzniknou dvě mezery pro dělení materiálu. Ty dají celkovou délku 976,8 mm.

Tyč je nakupována v metrové délce. Ztráta z nevyužitého konce je tedy 23,2 mm. Tomu odpovídá $q_k = 0,05893 \text{ kg}$.

Norma spotřeby materiálu

Ze spočítaných hodnot je poté možné zjistit normu spotřeby materiálu. Ta se spočítá ze vztahu (15.1) [35]:

$$N_M = Q_S + q_o + q_u + q_k \quad (15.1)$$

Kde: N_M = norma spotřeby materiálu [kg]

Q_S = čistá hmotnost součásti [kg]

q_o = ztráta obráběním třískami [kg]

q_u = ztráta dělením polotovaru [kg]

q_k = ztráta z nevyužitého konce tyče [kg]

Po dosazení (15.2) vychází:

$$N_M = 0,2259 + 0,6011 + 0,002286 + 0,05893$$

$$N_M = 0,88831 \text{ [kg]} \quad (15.2)$$

Koeficient využití materiálu

Jako poslední je potřeba spočítat koeficient využití materiálu pro určení, zda je výhodné součást vyrábět z tohoto polotovaru, nebo použít jiný. Pro výpočet je použit vztah (16.1) [35]:

$$k_C = \frac{Q_S}{N_M} \quad (16.1)$$

Kde: k_C = koeficient využití materiálu [-]

Q_S = čistá hmotnost součásti [kg]

N_M = norma spotřeby materiálu [kg]

Po dosazení (16.2) vychází:

$$k_C = \frac{0,2259}{0,88831} \quad (16.2)$$

$$k_C = 0,2711 \text{ [-]}$$

Stejným způsobem jsou spočteny i ostatní vyráběné díly (Tabulka 6.3).

Tabulka 6.3. Koeficienty využití materiálu.

Název součásti	Koeficient využití materiálu [-]
Tělo	0,2711
Záslepka	0,3259
Krytka	0,8750

Pro obrábění je běžná hodnota využití materiálu k_C v rozmezí 0,4-0,8. Důvodem nízkého využití materiálu je příliš velký vnější průměr polotovaru.

6.3 Porovnání s prodávanými kusy

Pro porovnání s výrobkem jsou vybrány kusy uvedené v první kapitole. V tabulce (Tabulka 6.4) je uvedena jejich cena v původní měně i cena přepočítaná na Kč k datu 19. 6. 2020 (Příloha 14).

V případě obou mečů tvoří největší rozdíl v ceně zvuková elektronika. Proto je uvedena varianta v základní výbavě bez zvukové elektroniky jako orientační a poté cena verze v plné výbavě.

Do ceny výrobku je započítána také cena šroubů, elektroniky a čepele (Příloha 2, 14, 15).

Tabulka 6.4 Porovnání cen.

Název	Cena v původní měně	Cena v Kč
Výrobek – bez zvuku	1857,92 Kč	1857,92
Výrobek	2214,18 Kč	2214,18
Archon – bez zvuku	245 \$	5832,47
Archon	333 \$	7927,39
Shock LE – bez zvuku	174 \$	4142,24
Shock LE	299 \$	7117,99

Z uvedené tabulky je tedy patrné, že cena výrobku je srovnatelná s průmyslově vyráběnými kusy, pokud se bude jednat o verzi bez zvukového vybavení. Cena výrobku totiž nezahrnuje výdělek. V případě započítání zvukové elektroniky se cena výrobku téměř nezmění, zatímco cena porovnávaných výrobků prudce stoupá.

7 DISKUZE

7.1 Výroba součástí

Z důvodu těžké havárie na stroji nebylo možné dokončit výrobu součásti Tělo. Stroj nebylo možné opravit před termínem odevzdání bakalářské práce, a tak součást Tělo zůstala v rozpracovaném stavu.

Pro dokončení chybělo na součásti vytvořit vlnkový profil na druhé straně a součástku gravírovat.

Program pro její výrobu byl dokončen a náklady byly vypočítány podle dat vypočítaných CAM softwarem.

Ostatní součásti byly dokončeny bez komplikací.

7.2 Návrh na úpravu dílů

V případě součásti Tělo by bylo možné zvýšit využití materiálu volbou nového polotovaru nebo změnou konstrukce součásti.

Pokud by byl u součásti Tělo vnější průměr polotovaru snížen ze 40 mm na 38 mm a vnitřní průměr z 20 mm zvětšen na 22 mm, využití by bylo 0,3389. To odpovídá zvýšení využití materiálu o 25,01 %.

Hlavním problémem konstrukce je rozdíl mezi vnějšími průměry, kde největší je 36 mm a nejmenší 27 mm. Pro zlepšení využití materiálu by bylo vhodné změnit rozdíl mezi průměry. Toho by bylo možné dosáhnout snížením výšky vlnek nebo kompletním odstraněním vlnkového profilu a nahrazením například dalším gravírováním.

Dalším možným řešením je použití větší čepele meče. Pokud by byl zvolen běžně používaný průměr 25 mm namísto 20 mm, bylo by možné použít polotovar s vnitřním průměrem až 27 mm namísto 20 mm. To by však znamenalo odstranění osazení 27 mm v přední části a větší váhu čepele, tedy i zhoršení pohyblivosti a ovladatelnosti meče.

Bylo by možné také po zvětšení průměru na 25 mm odstranit vložku, čímž by se konstrukce zachovala za cenu snížení životnosti čepele. Poté by bylo možné použít polotovar s vnitřním průměrem až 23 mm.

7.3. Dodatečné náklady

Pokud by se zvýšil počet vyráběných kusů, je vhodné volit jiné stroje pro výrobu. Vhodné by bylo vrtání podélných děr součásti Tělo přímo na CNC stroji.

Také cena elektroniky se ve větším množství sníží, jelikož některé použité součástky se prodávají v balení po více kusech. Snížení na dvanácti kusech by bylo 12,94 Kč·kus⁻¹. Dále by bylo vhodné vybrat jiný zdroj napájení, jehož cena je 217,11 Kč (Příloha 15) a tvoří 25,1 % ceny elektroniky.

ZÁVĚR

Práce se zabývala výrobou rukojeti světelného meče.

Výsledky práce jsou shrnuty v těchto bodech:

- Návrh výroby autorského designu rukojeti světelného meče.
- Popis dílů rukojeti, zpracování jejich výkresové dokumentace.
- Zvolení vhodných materiálů a polotovarů pro výrobu.
- Vytvoření výrobních postupů a zvolení nástrojů pro výrobu.
- Vytvoření NC programů pro výrobu součásti Tělo.
- Čas výroby jednoho kusu je 162,61 minut.
- Cena výroby jedné rukojeti je 1112,93 Kč.
- Cena kompletního meče s elektronikou je 2214,18 Kč.
- Pro úsporu nákladů a lepší využití materiálu je vhodné pro další výrobu zvolit nový polotovar pro výrobu nebo upravit konstrukci hlavní součásti Tělo pro úsporu materiálu.
- Je vhodné vybrat pro sériovou výrobu nový CNC stroj s dostatečným rozjezdem os pro vrtání děr v součásti Tělo.
- Je vhodné zvolit levnější elektronické součástky pro snížení výsledné ceny rukojeti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Obi-WanKenobi'sthirdlightsaber.

In: https://starwars.fandom.com/wiki/Main_Page [online]. San Francisco, 2020 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: https://starwars.fandom.com/wiki/Obi-Wan_Kenobi%27s_third_lightsaber

2. LAGAIPA, Anthony. DSC00225. In: <https://www.flickr.com/> [online]. 2018, 12 May 2018 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/156942589@N08/42066188181/in/photostream/>

3. SHOCK LE. In: UltraSabers [online]. Friendswood (Texas): UltraSabers, [2011], 2 February 2011 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://ultrasabers.com/product/shock-le/>

4. Archon. In: Saber Forge [online]. Oregon: Saber Forge, [2016], 18.8.2016 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://saberforge.com/products/archon?variant=27915640263>

5. SolidWorks. 1CPro s.r.o. – SolidWorks. [online]. [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <http://www.1cpro.cz/solidworks.php>

6. MICHNA, Š., I. LUKÁČ, V. OČENÁŠEK, R. KOŘENÝ, J. DRÁPALA, H. SCHNEIDER a A. MIŠKUFOVÁ. ENCYKLOPEDIE HLINÍKU [online]. Prešov: Adin, 2005 [cit. 2020-06-24]. ISBN 80-89041-88-4. Dostupné z: Areálová knihovna VUT FSI v Brně

7. EN AW-6060 - 3.3206 - AlMgSi0,5 - Data Sheet. In: Delta Trading [online]. Hamburg: DELTA-TRADING GmbH Metallhandel, 2016, 20 Jan 2016 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.delta-trading.de/fileadmin/edit/data-sheets/EN_AW-6060_-_3.3206_-_AlMgSi0_5_-_Data_Sheet.pdf

8. ALLOY DATA SHEET EN-AW 6063[AlMg0.7Si]. In: Nedal Aluminium [online]. Utrecht (Netherlands): Nedal Aluminium BV, 2019, 15 Mar 2019 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.nedal.com/wp-content/uploads/2017/11/Nedal-alloy-Datasheet-EN-AW-6063.pdf>

9. BOMAR STG 220 G, použitá pásová pila na kov, bazar. Pásové pily Pilous, Bomar, Pegas Gonda - KARAS pily s.r.o. [online]. Rokycany: Redenge, 2008 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://www.pasove-pily.eu/bomar-stg-220-g-pouzita-pasova-pila-na-kov-bazar-30944.html>

10. Nabídka stroje STG 220 G. In: AKK trade [online]. Brno: Syntetix, 2007 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.akkstroje.cz/pdf/detail.php?id=104502>

11. SP 280 | KOVOSVIT MAS. <https://www.kovosvit.cz/> [online]. Sezimovo Ústí: KOVOSVIT MAS, 2016, 24 Oct 2018 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-280-p6.html#technicaldata>

12. MANUAL SOUSTRUHU SV18 RD. In: Tumlikovo [online]. WordPress, 2010 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/download/>

13. Frezky. In: KARIMPEX-STROJÍRNY, s.r.o. - Strojírenská výroba [online]. Poruba: Strojírny Karimpex, [2013], 07 Jun 2013 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.karimpex-strojirny.cz/pdf/frezky.pdf>
14. VS 20 A JEDNOVŘETENOVÁ SLOUPOVÁ VRTAČKA. OBRÁBĚCÍ STROJE BARTONÍK [online]. Přerov: Netmania, 2005 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <http://os.bartonik.sweb.cz/nabidka/vs20a.html>
15. FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM Brno, 2012, s. 167-215. ISBN 80-214-2374-9.
16. ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. Strojnické tabulky: pro školu a praxi. 1. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-808-6960-203.
17. HUMÁR, A. TECHNOLOGIE I VÝPOČTOVÁ CVIČENÍ: Studijní opory pro magisterskou formu studia. In: ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE [online]. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE, 2003, s. 60 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_vypoctova_cv.pdf
18. KOCMAN, K. TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ. KOCMAN, K. a J. PROKOP. TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ. Druhé. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2005, s. 85-144. ISBN 80-214-3068-0.
19. ČSN 221121 - DIN 338 RN, Vrták s válcovou stopkou. STIMZET [online]. Vsetín: STIMZET, 2019 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://www.stimzet.cz/data/csn221121_cz.html
20. ECatalog Pramet Tools s.r.o. Dormer Pramet [online]. Šumperk: Dormer Pramet [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/>
21. Strojní závitník s přímou drážkou a lamačem. Narex [online]. Ždánice: Narex, [2020] [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.narexzd.cz/strojni-zavitniky/1500/>
22. Karbidová gravírovací fréza - jehla - KOFIX. KOFIX [online]. Zlín: KOFIX, c2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.kofix.cz/nastroje-serie-a/gravirovaci-jehla-z-tvrdokovu/>
23. Mitutoyo, Produkt: Digital ABS Caliper CoolantProof IP67. Mitutoyo [online]. Neuss (Germany): Mitutoyo, 2017 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs_CZ/mitutoyo/01.03.03A/index.xhtml
24. Zkušební a nastavovací kalibry Měřidla Dilenské potřeby | Meusburger. Meusburger [online]. Wolfurt (Austria): Meusburger, c2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/dilenske-potreby/measuring-equipment/control-and-setting-gauges/#!/filter>

25. CNN-10-2-2-0/III. Jednotné normativy - vrtačky. Výběr z normativu pro potřeby výuky. Praha: SNTL, 1977
26. CNN-10-5-1-II/II. Jednotné normativy - soustruhy s oběžným průměrem do 500 a 800 mm II.: Část metodická, část normativní. Praha: SNTL, 1979
27. HALAMKA, M. Ekonomické porovnání technologie výroby hadicového ventilu. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 50 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: BRYCHTA, J.
28. Strojírna Kolečovice - Ceník. Strojírna Kolečovice [online]. Kolečovice: Strojírna Kolečovice, c2020, 1. 3. 2017 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.strojirnakolesovice.cz/cenik/>
29. Mzda, plat Seřizovač CNC strojů. Platy.cz [online]. Praha: Profesia CZ, c1997-2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.platy.cz/platy/strojirenstvi/>
30. Kovonastroje - 3 bříte válcové čelní. Kovonastroje [online]. Bohuslavice u Zlína: Kovonastroje [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Frezovani/Frezy/>
31. Soustružnické VBD závitové: T -ZZ TN 16NL100M:T8030, PRAMET 80017696. Nářadí a nástroje POLY.cz [online]. Dolní Životice: POLY.cz, c2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://poly.cz/soustruznicke-vbd-zavitove-zapichovaci-t-zz-tn-16nl100m-t8030-pramet-80017696>
32. Výměnná břitová destička na soustružení závitů: A 60° masivní profil TN16 EL 100 M M25 - VRC nářadí. NÁŘADÍ VRC - Eshop - dílenské, zahradnické potřeby, domácnost, elektro.. [online]. Starovice: NÁŘADÍ VRC, 2019, 2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.e-shop-naradi.cz/produkt/>
33. Těleso nože pro vnější soustružení závitů, PRAMET, SEL 2020 K 16. M&V e-shop [online]. Vsetín: M&V, c2004-2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/detail.php?id=84228>
34. Těleso nože pro vnější soustružení, PRAMET, GFIL 1616 H 03. Nako katalog [online]. Mladá Boleslav: Nako - MB, c2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://katalog.nako-mb.cz/detail.php?id=83981>
35. ZEMČÍK, Oskar. TECHNOLOGICKÉ PROCESY: část obrábění: UČEBNÍ TEXTY KOMBINOVANÉHO BAKALÁŘSKÉHO STUDIA [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf>
36. Trubky ze slitiny hliníku. ALMS [online]. Brno: ALMS, c2012 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.alms-brno.cz/kategorie/8-trubky-ze-slitiny-hliniku/>

37. Hliníkové profily, hliníkové plechy e-shop [online]. Pardubice: A + A Pardubice, c2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.ehlinik.cz/>
38. AliExpress: Online Shopping for Popular Electronics, Fashion, Home & Garden, Toys & Sports, Automobiles and More products [online]. China: Alibaba Group, c2010-2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/>
39. GM electronic [online]. Praha: GM electronic, 2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/>
40. TRUBKA PLEXIGLAS XT: (PRŮMĚR (VNĚJŠÍ): 20 MM, TLOUŠŤKA: 2 MM, BARVA: ČIRÁ, KÓD BARVY: 0A070, DÉLKA: 2000 MM). : Zenit [online]. Praha: Zenit, c2016, 18 Apr 2016 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://eshop.zenit.cz/trubka-plexiglas-xt/variant/20-2-cira-0a070-2000-0-27-ano/>
41. Kurzy měn - kurzovní lístek ČNB. Kurzy měn, akcie, komodity, zákony, zaměstnání - Kurzy.cz | Kurzy.cz [online]. Praha: Kurzy.cz, c2000-2020, 19.6.2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kurzy-men/>
42. Šrouby s metrickým závitem - Briol. Briol [online]. Čistá u Litomyšle: Briol, c2013-2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.briol.cz/srouby-s-metricnym-zavitem/>
43. KUDELA, Miroslav. SANDVIK COROMANT (FIRMA). Příručka obrábění: kniha pro praktiky. Praha: Scientia, 1997, 1 sv. (různé stránkování) : il. ISBN 91-972299-4-6
44. SVOBODA, P. a J. BRANDEJS. Výběry z norem pro konstrukční cvičení. Páté, doplněné. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-838-0.
45. KLETEČKA, J. a P. FOŘT. Technické kreslení. 2., opr. vyd. Brno: Computer Press, 2007. Učebnice (Computer Press). ISBN 978-80-251-1887-0.
46. SVOBODA, P., J. BRANDEJS a J. DVOŘÁČEK. Základy konstruování. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-921-9.
47. ŘASA, J. a J. ŠVERCL. Strojnické tabulky pro školu a praxi. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-718-3312-6.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
CAD	Computer-aided design
CAM	Computer-aided manufacturing
CNC	Computer numerical control
NC	Numerical control
VBD	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
D	[mm]	průměr obrobku
D_v	[Kč·hod ⁻¹]	hodinová sazba vedlejší práce
D_f	[mm]	průměr frézy
L	[m]	délka dráhy
M	[Kč·hod ⁻¹]	mzdový tarif dělníka pro vedlejší práce
N₁	[Kč]	cena VBD
N₂	[Kč]	cena držáku
N₃	[Kč]	náklady na upnutí a seřízení VBD
N_C	[Kč]	celkové operační výrobní náklady na jeden kus
N_N	[Kč]	náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jeden kus
N_S	[Kč]	náklady na strojní práci
N_{SM}	[Kč·min ⁻¹]	minutová sazba stroje
N_T	[Kč]	náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jednu trvanlivost
N_V	[Kč]	náklady na vedlejší práci vztažené na jeden kus
R	[-]	režie dílny pro vedlejší práce
T	[min]	trvanlivost nástroje
a_p	[mm]	hloubka záběru
f	[mm]	posuv na otáčku
f_Z	[mm]	posuv na zub
h	[mm]	hloubka drážky
i	[-]	počet přejezdů

l	[mm]	délka dráhy řezu
l_n	[mm]	délka nájezdu
l_p	[mm]	délka přejezdu
n	[min ⁻¹]	otáčky
n_B	[-]	počet břitů VBD
t_{AS}	[min]	čas automatického chodu stroje
t_{AV}	[min]	čas vedlejší práce
t_S	[min]	čas pro výměnu nástroje
v_C	[m·min ⁻¹]	řezná rychlost
v_f	[m·min ⁻¹]	posuvová rychlost
z	[-]	počet zubů
z_D	[-]	životnost držáku
π	[-]	konstanta pí
λ	[-]	čas nástroje v záběru

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Seznam prodáváných polotovarů
Příloha 2	Cena čepele
Příloha 3	Výkres Tělo
Příloha 4	Výkres Záslepka
Příloha 5	Výkres Krytka
Příloha 6	Výkres Sestavy
Příloha 7	Obal VBD
Příloha 8	NC Program OBRABENI_TELO – ukázka
Příloha 9	NC Program GRAVIROVANI – ukázka
Příloha 10	NC Program PROFIL - ukázka
Příloha 11	Cena materiálu – Tělo
Příloha 12	Cena materiálu – Záslepka
Příloha 13	Cena materiálu – Krytka
Příloha 14	Cena materiálu – Šrouby
Příloha 15	Cena elektronika
Příloha 16	Kurzovní lístek
Příloha 17	Vrták 2,5 mm
Příloha 18	Vrták 3,3 mm
Příloha 19	Vrták 5 mm
Příloha 20	Vrták 7 mm
Příloha 21	Vrták 14 mm
Příloha 22	Vrták 24 mm
Příloha 23	Vrták 25 mm
Příloha 24	Závitník M3x0,5
Příloha 25	Závitník M4x1
Příloha 26	Závitový nůž vnější
Příloha 27	Závitový nůž vnitřní
Příloha 28	Soustružnický nůž vnější
Příloha 29	Zapichovací nůž 3 mm
Příloha 30	Fréza 8 mm
Příloha 31	Fréza 12 mm
Příloha 32	Gravírovací jehla 1 mm
Příloha 33	Posuvné měřidlo
Příloha 34	Závitový kroužek
Příloha 35	Závitový trn M3x0,5
Příloha 36	Závitový trn M4x1
Příloha 37	Závitový trn M27x1
Příloha 38	Návodka 01/01
Příloha 39	Návodka 02/02
Příloha 40	Návodka 03/03
Příloha 41	Návodka 04/04 – část 1/2
Příloha 42	Návodka 04/04 – část 2/2




















Příloha 43 Návodka 05/05

Příloha 44 Tabulka cen nástrojů a hodnoty N_T

Příloha 45 Tabulka časů pro výpočet N_N a hodnoty N_N




PŘÍLOHA 1

Seznam prodávaných polotovarů [36].

Trubka	ø 35 x 4 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.05 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 35 x 5 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.37 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 38 x 3 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 0.90 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 38 x 4 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.21 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 40 x 1.5 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 0.52 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 40 x 2 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 0.70 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 40 x 3 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 0.95 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 40 x 4 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.28 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 40 x 5 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.57 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 40 x 8 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 2.17 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 40 x 10 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 2.72 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 42 x 3 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 0.99 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 42 x 4 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.29 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 45 x 2 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 0.78 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 45 x 3 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.07 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 45 x 5 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.80 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 48 x 2 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 0.78 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 48 x 3 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.20 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	
Trubka	ø 48 x 4 mm	EN AW-6060	AlMgSi0,5	1 m / 1.49 kg	<input type="text" value="1000"/> mm	<input type="text" value="1"/> ks	

PŘÍLOHA 2

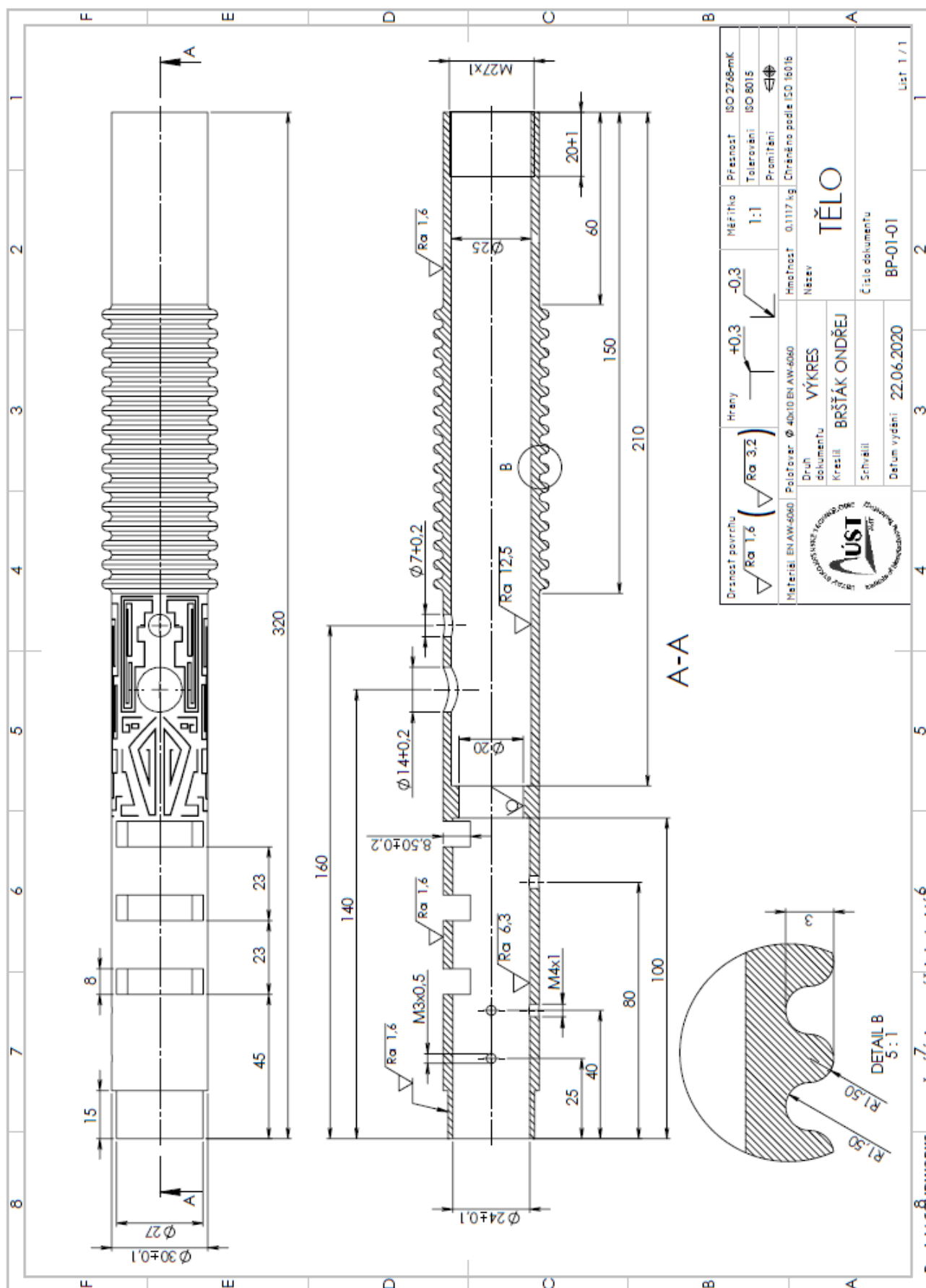
Cena čepele [40].

	Trubka Plexiglas XT Průměr (vnější): 20 mm Tloušťka: 3 mm Délka: 2000 mm Hmotnost: 0.382 kg/ks Dostupnost: Skladem	Barva: čirá Kód barvy: 0A070	Sleva 5% 394,46Kč	Naše cena s DPH (%) 374,74 Kč 187 Kč / bm
			1	Vložit do košíku
	Trubka Plexiglas XT Průměr (vnější): 40 mm Tloušťka: 2 mm Délka: 2000 mm Hmotnost: 0.568 kg/ks Dostupnost: Skladem	Barva: čirá Kód barvy: 0A070	Sleva 5% 425,92Kč	Naše cena s DPH (%) 404,62 Kč 202 Kč / bm
			1	Vložit do košíku
	Trubka Plexiglas XT Průměr (vnější): 30 mm Tloušťka: 3 mm Délka: 2000 mm Hmotnost: 0.606 kg/ks Dostupnost: Skladem	Barva: čirá Kód barvy: 0A070	Sleva 5% 441,65Kč	Naše cena s DPH (%) 419,57 Kč 210 Kč / bm
			1	Vložit do košíku

Jako čepel je použita akrylátová trubka 20x3 mm. Její cena je 404,62 Kč.

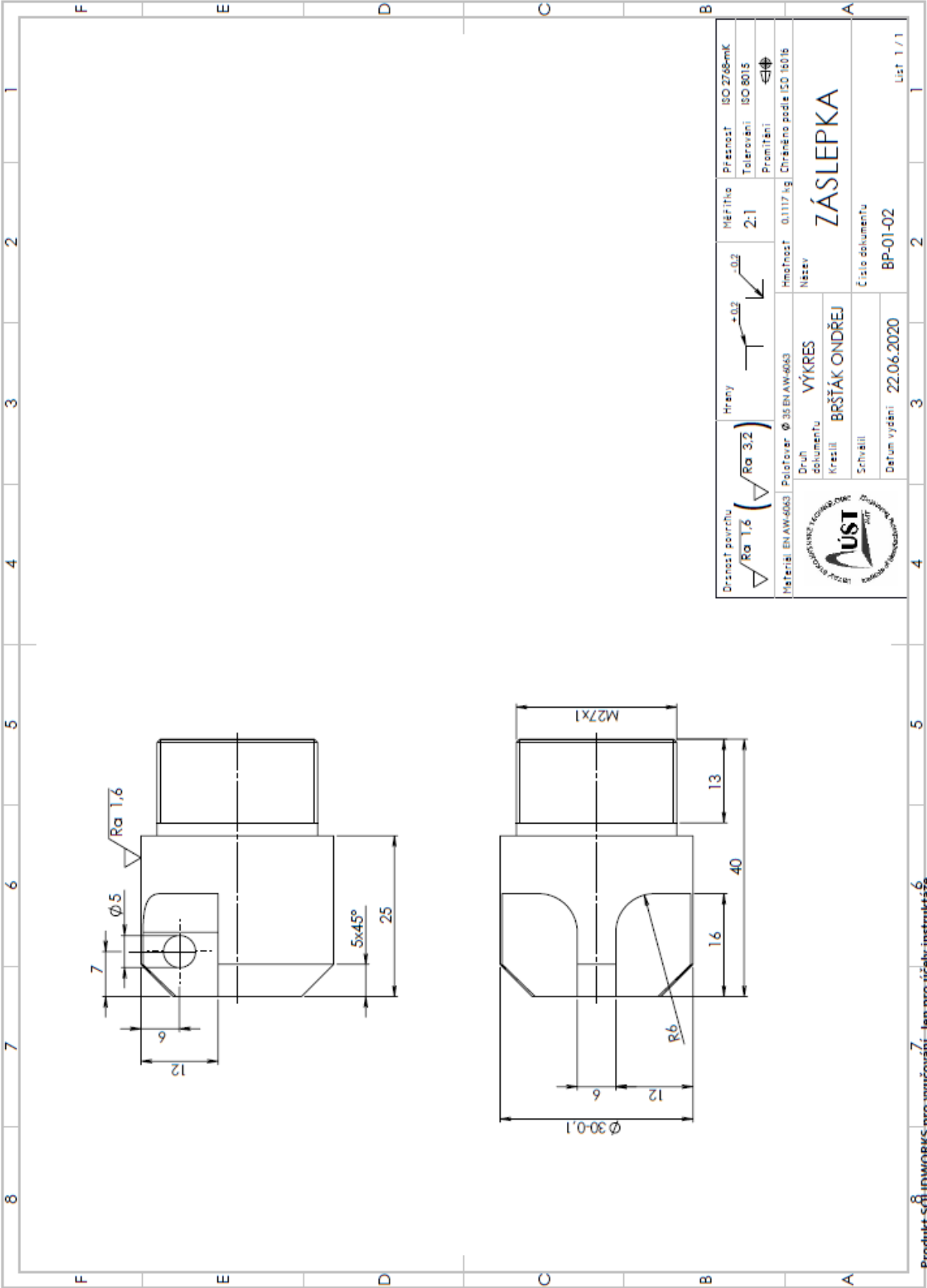
Výkres Tělo

Výkres Tělo



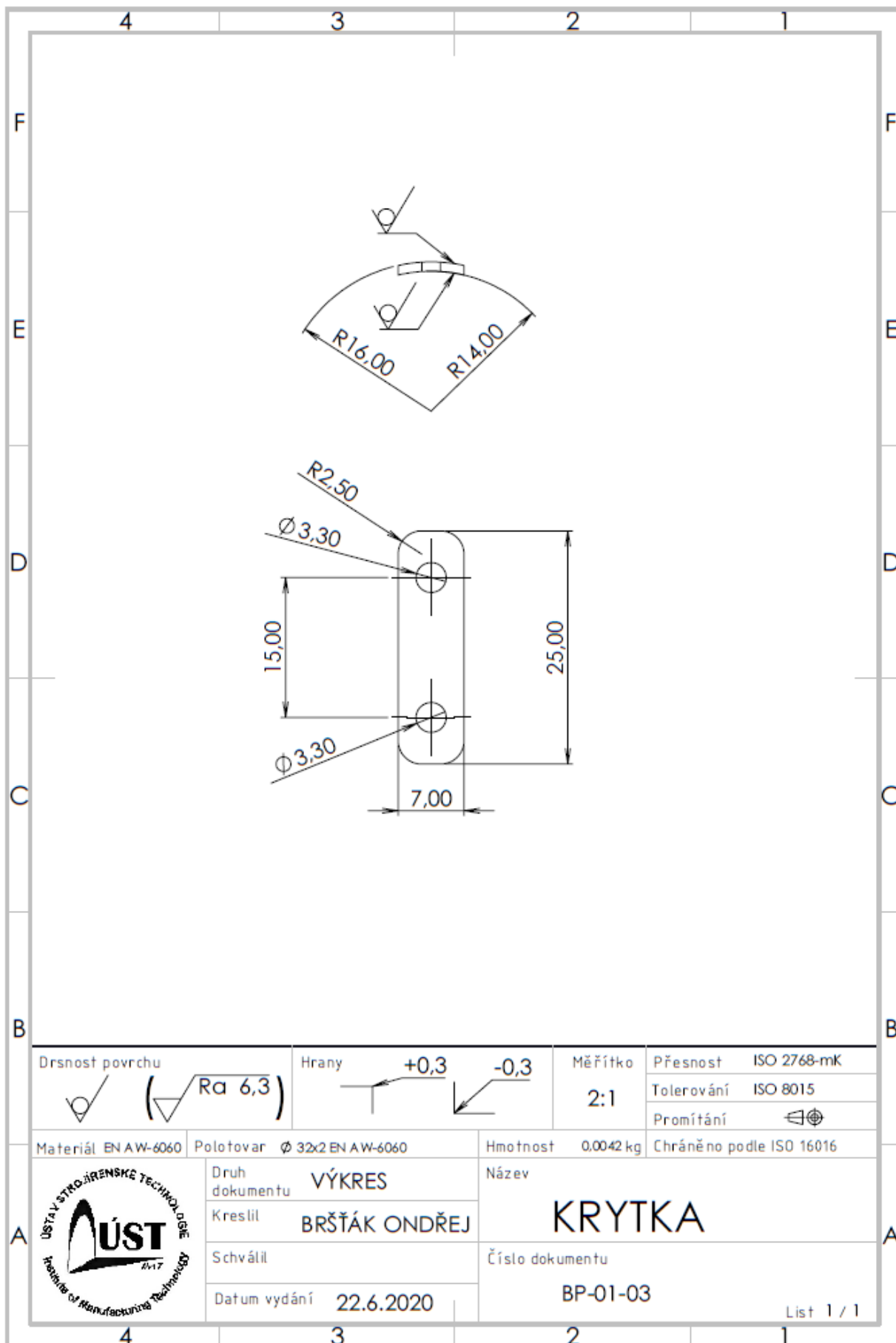
PŘÍLOHA 4

Výkres Záslepka

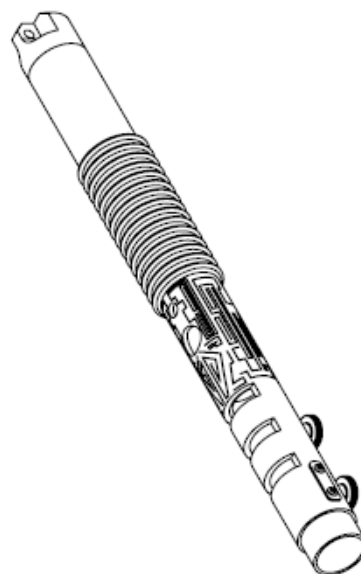
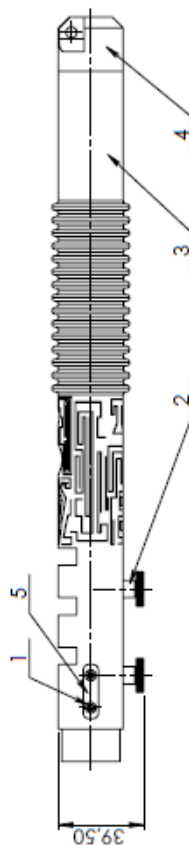


PŘÍLOHA 5

Výkres Krytka



Výkres Sestavy



5	KRYTKA	Ø 32x2 EN AW-6060	0,0004	2
4	ZÁSLEPKA	Ø 35 EN AW-6063	0,0576	1
3	TĚLO	Ø 40x10 EN AW-6060	0,2259	1
2	ŠROUB M4x1 - 6	ČSN 02 1161	0,00876	2
1	ŠROUB M3x0,5 - 4	ČSN 02 1145	0,00067	4
Číslo položky	NÁZEV DÍLU	NORMA/POLOTOVAR	HMOTNOST	KUSŮ

Dřezost povrchu	Hrany	Měřitko	Přesnost ISO 2768-mK
		Tolerování	ISO 8015
		Promítání	
Material	Polotovár	Hmotnost 0,2933kg	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	Název RUKOJEŤ	
	Kreslil BRŠTÁK ONDŘEJ	Číslo dokumentu	
	Schválil		
	Datum vydání 23.06.2020	BP-01-00	List 1 / 1

PŘÍLOHA 7

Obal VBD



PŘÍLOHA 8

NC Program OBRABENI_TELO – ukázka

```
; %_N_11_MPF
N10 WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,2.5,-322.5,-321.5,40)
N11 G94 G90
N12 G71
N13 LIMS=5000
N14 G53 G0 X100
N15 G53 Y0
N16 G53 Z200

N17 MSG ("Celo")
N18 G18
N19 DIAMON
N20 T12 D12 H12
N21 M6
N22 SETMS(1)
N23 G97 S1=2945
N24 G54
N25 D12
N26 M8
N27 G0 Y0
N28 Z0 X68
N29 SETMS(1)
N30 G96 S1=370 M1=3
N31 X44
N32 G1 X40 F0.2
N33 X16
N34 Z5
N37 G0 X44
...

N392 X35 Y0
N394 G1 X32 F0.7
N396 MCALL CYCLE84(25, 16, 5, 9.832, , , 3, , 0.7, 0, 1319.394, 1319.394)
N397 Y0 Z-80
N398 Y0 Z-40
N399 MCALL
N400 X35 Z-40
N401 M9
N402 G0 G53 X100 D9 H9
N403 G53 Y0 D9 H9
N404 G53 Z200 D9 H9

N407 M30
%
```

PŘÍLOHA 9

NC Program GRAVIROVANI – ukázka

T=16 D16 H16

N2 G94

N3 G90

N4 M14

N5 M3=4 S3=4000

N6 G0 X50 Z0 Y0 CA1=336.36

Z-120.943 CA1=327.174

G1X40 F250

N7 M8

N9 G1 X30 F0.25

N17 MSG ("; 2D Kontura1")

N35 CA1=320.204

N36 Z-120.931 CA1=319.906

N37 Z-120.894 CA1=319.614

N38 Z-120.834 CA1=319.337

N39 Z-120.752 CA1=319.082

N40 Z-120.65 CA1=318.854

N41 Z-120.531 CA1=318.659

N42 Z-120.397 CA1=318.503

...

N79 X35

N83 MSG ("; 2D Kontura2")

N85 Z-119.193 CA1=309.133

N87 X30

N91 CA1=313.417

N95 Z-117.183

N96 CA1=304.85

N97 Z-122.165

N98 CA1=330.641

N99 X35

...

N2594 X45

N2600 G0 X82

N2631 G0 X200 Z0 Y0 CA1=0

N2632 M9

N2633 M30

PŘÍLOHA 10

NC Program PROFIL - ukázka

N100 ; %_N_11_MPF

N102 WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,2.5,-322.5,-321.5,40)

N104 G94 G90

N106 G71

N108 LIMS=5000

N110 G53 G0 X100

N112 G53 Y0

N114 G53 Z200

N116 MSG ("Celo")

N118 G18

N120 DIAMON

N122 T12 D12 H12

N124 M6

N126 M7

N128 SETMS(1)

N130 G97 S1=2945

N132 G54

...

N248 G1 X30

N250 Z-2

N252 Z-60

N254 G3 X30 Y0 Z66 CR=3

N256 G3 X30 Y0 Z72 CR=3

N258 G3 X30 Y0 Z78 CR=3

N260 G3 X30 Y0 Z84 CR=3

N262 G3 X30 Y0 Z90 CR=3

...

N356 X23

N358 G33 Z-21.5 K2

N360 G33 X20 Z-22.5 I2

N362 G1 Z5

N364 M9

N366 G0 X50

N368 G53 X100 D11 H11

N370 G53 Y0 D11 H11

N372 G53 Z200 D11 H11

N374 M1=5

N376 M30

%

PŘÍLOHA 11

Cena materiálu – Tělo

DOKLAD O NÁKUPU A CENĚ Číslo: VYMA 200808
Ev.čís.daň.dokladu POKL 1428 Datum uskut.zdanit.plnění: 20.02.2020
Datum vystavení: 20.02.2020

Prodejce
ALMS° spol. s r.o.
Brněnská 834
664 42 Modřice
IČO : 65277457
DIČ : CZ65277457

KOS Brno, oddíl C vložka 23114
Kupující
IČO: DIČ:

Kód	Název	DPH%	Množství	Jedn.	Cena/mj	Celkem Kč
1399	Al trubka 40 x10 mm	21	2.60 kg		164.32	427.23
	EN AW-6060 T6 AlMgSi0,5					
04	Dělení hliník pr. 40 - 49 mm	21	1.00 řez		8.47	8.47
Ceny obsahují DPH, úprava ceny						0.30
Cena v 21.0%	360.33	DPH 21.0%	75.67	Smj	3.60	Celkem 436.00
K úhradě Kč						436.00
=====						
kg	2.60					
11:05 Placeno hotově						436.00
hodin Vraceno						0.00
----- EET -----						
FIK:7b380e3d-ebc1-41be-921b-4d55e4f553d7-05 Provozovna:11 pok.zař.POKL 1428						
BKP:C35905E1-87528785-E4161FFA-01641E65-5358757A						
hlášeno:20.02.2020 11:05:11 Běžný režim						
Vystavil:Libor Vec1 tel:547243880 fax:547243884 e-mail:alms.b@volny.cz						
Zaplaceno v hotovosti do pokladny ALMS spol.s r.o.,nabídka na www.alms-brno.cz						
Děkujeme za Váš nákup.						

ALMS
Brněnská 834, 664 42 Brno-Modřice
tel: 5-47243880 fax: 5-47243888
NEŽELEZNÉ KOVY
spol. s r.o.
Brněnská 834
664 42 Modřice
tel: fax:

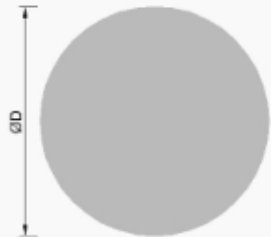
PŘÍLOHA 12

Cena materiálu – Záslepka [37].

Hliníková tyč kruhová pr. 35 6063

D (mm)	L (mm)
35	6000

Kč bez DPH/kg	Kč bez DPH/m	Kč s DPH/m	Čís. prof.	Norma	Sklad
120,00	314,40	380,42	803771	EN 573-3 AW 6063 T66 EN 755-1,2,3	ok



Zadání rozměrů a kalkulace ceny pro Hliníková tyč kruhová pr. 35 6063

Délka jednoho kusu
(min.: 50 mm)

mm

Počet kusů
(min.: 1 ks)

* ks

Specifikace délky
(+/- 5mm) *

☒ může být o prořez kratší (5mm)

☐ dodržet požadovanou délku

další rozměr

- odebrat rozměr

Do košíku

Kalkulace ceny:	
Cena za materiál:	61,31 Kč bez DPH
Cena za zbytkový materiál:	0,00 Kč bez DPH
Cena za materiál prořezů:	1,57 Kč bez DPH
Cena celkem:	62,88 Kč bez DPH

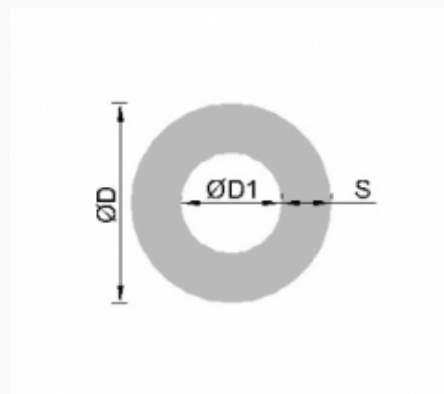
PŘÍLOHA 13

Cena materiálu – Krytka [37].

Hliníková trubka 32X2

D (mm)	D1 (mm)	S (mm)	L (mm)
32	28	2	6000

Kč bez DPH/kg	Kč bez DPH/m	Kč s DPH/m	Čís. prof.	Norma	Sklad
120,00	62,76	75,94	903879	EN 573-3 AW 6060 T66 EN 755-1,2,9	ok



Zadání rozměrů a kalkulace ceny pro Hliníková trubka 32X2

Délka jednoho kusu
(min.: 50 mm)

50 mm

Počet kusů
(min.: 1 ks)

* 1 ks

[další rozměr](#)

- odebrat rozměr

Specifikace délky
(+/- 5mm) *

- ☒ může být o prořez kratší (5mm)
☐ dodržet požadovanou délku









[Do košíku](#)

Kalkulace ceny:

Cena za materiál:	2,82 Kč bez DPH
Cena za zbytkový materiál:	0,00 Kč bez DPH
Cena za materiál prořezů:	0,31 Kč bez DPH
Cena celkem:	3,13 Kč bez DPH

PŘÍLOHA 14

Cena materiálu – šrouby [42].

	NÁZEV PRODUKTU:	CENA ZA KUS:	POČET KUSŮ:	CENA CELKEM:
	Šroub s rýhovanou hlavou M4x8 DIN 464 ZB	15,83 Kč 13,08 Kč	2 ks   	31,66 Kč 26,17 Kč skladem 51 ks
	Šroub TORX půlkulatá hlava M3x4 ISO 7380 8.8 ZB	0,44 Kč 0,36 Kč	4 ks   	1,76 Kč 1,45 Kč skladem 185 ks

Cena celkem bez DPH 27,60 Kč
Cena celkem s DPH 33,42 Kč






















PŘÍLOHA 15

Cena elektroniky [39,40].

Název součástky	Cena součástky [Kč]
Mini DC-DC 12 24V To 5V 3A Step Down Power Supply Module	21,19
Multicolor 4pin 5mm RGB Led Diode Light Lamp Tri color Round	27,61
Degrees LED Lens20mm PMMA Lens	231,15
6-24V 12V/24V to 5V 3A CAR USB Charger Module	25,23
GY-521 MPU-6050 Module	23,81
Nano 1PCS Mini USB With the boot loader Nano 3.0	69,28
U-disk audio play Micro SD	122,36
YuXi Horn Loudspeaker 8R 2W 20mm	61,18
5V To 3.3V DC-DC Step-Down	33,09
1300mAh Lithium Li-ion 16340 Battery CR123A	217,11
Tlačítkový spínač PBS-10B-2-W	11
Kolébkový spínač SMRS-101-2C3-B/B	19
Dvojlinka CYH 2X0,15 černorudý5m	3,50
Celková cena	865,52

PŘÍLOHA 16

Kurzovní lístek [41].

Kurzy měn - kurzovní lístek ČNB						
Kurzy měn České národní banky						
Stát, měna	Kód	Počet	Kurz		Kurz	
			18.6.	Změna	19.6.	
Americký dolar	 USD	1	23.7860	+0.08%	23.8060	
Australský dolar	 AUD	1	16.3170	+0.58%	16.4130	
Brazilský real	 BRL	1	4.4670	-0.44%	4.4470	
Britská libra	 GBP	1	29.6470	-0.53%	29.4890	
Bulharský lev	 BGN	1	13.6460	-0.01%	13.6440	
Čínský juan	 CNY	1	3.3570	+0.23%	3.3650	
Dánská koruna	 DKK	1	3.5800	-0.02%	3.5790	
Euro	 EUR	1	26.6900	-0.01%	26.6850	
Filipínské peso	 PHP	100	47.4090	+0.28%	47.5450	
Hongkongský dolar	 HKD	1	3.0690	+0.09%	3.0720	
Chorvatská kuna	 HRK	1	3.5370	-0.31%	3.5260	
Indická rupie	 INR	100	31.1630	+0.33%	31.2660	
Indonéská rupie	 IDR	1000	1.6890	-0.05%	1.6880	
Islandská koruna	 ISK	100	17.3880	-0.73%	17.2610	
Izraelský šekel	 ILS	1	6.8780	+0.49%	6.9120	
Japonský jen	 JPY	100	22.2430	+0.17%	22.2810	
Jihoafrický rand	 ZAR	1	1.3660	+0.51%	1.3730	
Jihokorejský won	 KRW	100	1.9630	+0.50%	1.9730	
Kanadský dolar	 CAD	1	17.5390	+0.03%	17.5450	
Maďarský forint	 HUF	100	7.7150	+0.11%	7.7240	
Malajsijský ringgit	 MYR	1	5.5600	+0.30%	5.5770	
Mexické peso	 MXN	1	1.0570	-0.28%	1.0540	
MMF	 XDR	1	32.8210	+0.12%	32.8610	
Norská koruna	 NOK	1	2.4930	-0.08%	2.4910	

PŘÍLOHA 17

Vrták 2,5 mm [19].

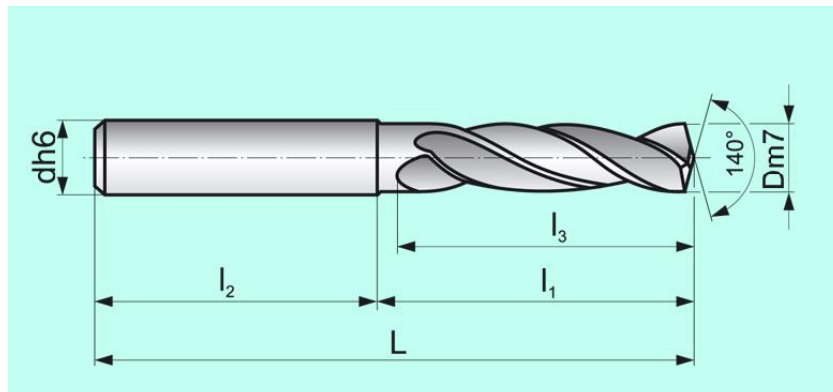


Průměr	L	l	ϵ	Hloubka vrtání
2,5	93	57	118°	12,5

Pro vytvoření závitových děr M3x0,5 na součásti Tělo je nejprve potřeba předvrtat díry. Pro to byl dle požadované velikosti díry podle tabulek, zvolen vrták ČSN 21 1121 – 2,5MM HSS. V technologickém postupu je nástroj označen jako T1.

PŘÍLOHA 18

Vrták 3,3 mm [20].

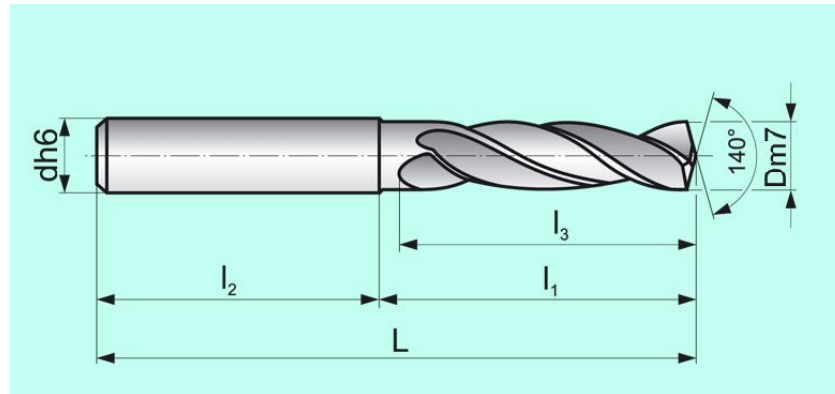


L	l_1	l_2	l_3	dh6
62	26	36	20	6

Pro závitové díry M4x1 na součásti Tělo je potřeba předvrtat díry o velikosti 3,3mm. K tomu je zvolen vrták 3030DS-3.3-13-A06. Vrták je také použit pro vrtání děr v součásti Krytka. V technologickém postupu je nástroj označen jako T2.

PŘÍLOHA 19

Vrták 5 mm [20].

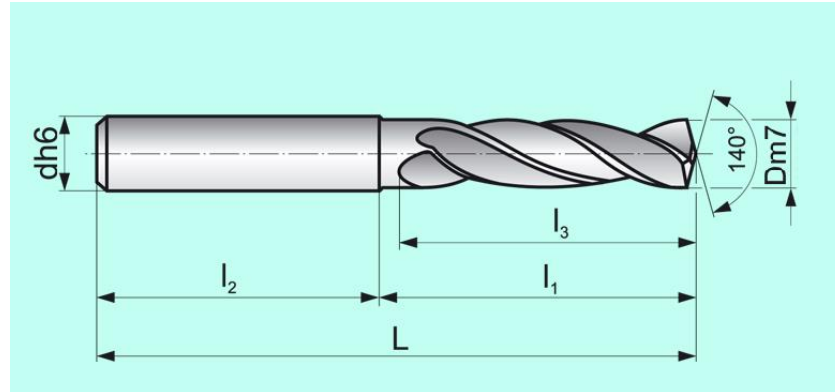


L	l_1	l_2	l_3	dh6
62	26	36	20	6

Pro vrtání díry na součásti Záslepka je zvolen vrták 3030DS-5.0-20-A06. V technologickém postupu je nástroj označen jako T3.

PŘÍLOHA 20

Vrták 7 mm [20].

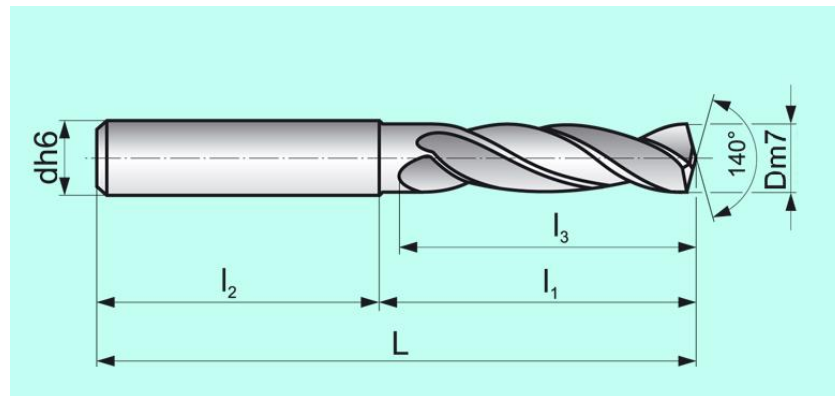


L	l_1	l_2	l_3	$dh6$
62	26	36	20	6

Pro vrtání díry velikosti 7 mm v součásti Tělo je zvolen vrták 3030DS-7.0-24-A08.
V technologickém postupu je nástroj označen jako T4.

PŘÍLOHA 21

Vrták 14 mm [20].



L	l_1	l_2	l_3	dh6
62	26	36	20	6

Pro vrtání díry velikosti 7 mm v součásti Tělo je zvolen vrták 3030DS-14.0-43-A14.
V technologickém postupu je nástroj označen jako T5.

PŘÍLOHA 22

Vrták 24 mm [19].



Průměr	L	l	ϵ	Hloubka vrtání	Upínání
24	281	160	118°	120	MORSE 3

Součást Tělo je potřeba před obráběním vyvrtat z jedné strany na průměr 24 mm. K tomu je vybrán vrták ČSN 02 1140 24,0. V technologickém postupu je nástroj označen jako T6.

PŘÍLOHA 23

Vrták 25 mm [19].



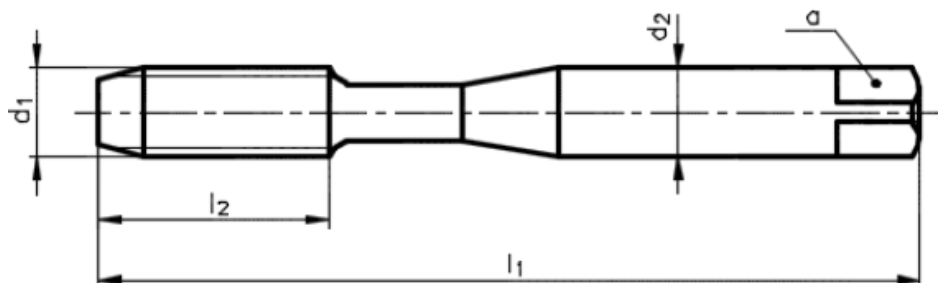
Průměr	L	l	ϵ	Hloubka vrtání	Upínání
25	281	160	118°	125	MORSE 3

Vrták 25 mm

Součást Tělo je potřeba před obráběním vyvrtat z jedné strany na průměr 24 mm. K tomu je vybrán vrták ČSN 02 1140 25,0. V technologickém postupu je nástroj označen jako T7.

PŘÍLOHA 24

Závitník M3x0,5 [21].

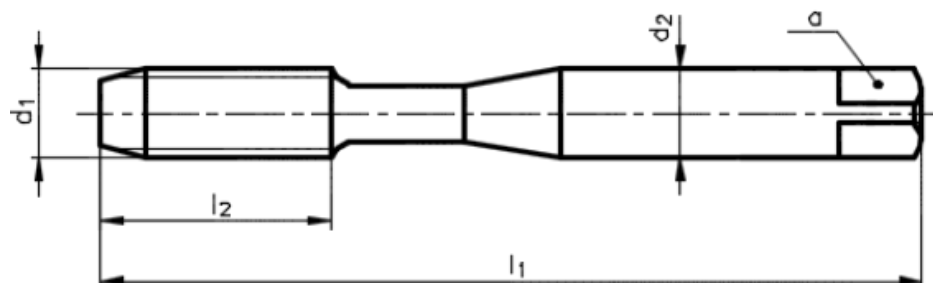


d_1	Stoupání	Lícování	l_1	l_2	d_2	a
M3	0,5	6H	56	9	3,5	2,7

Pro vytvoření závitových děr M3x0,5 v předvrtaných dírách 2,5 mm je vybrán závitník M3 6H 1500. V technologickém postupu je nástroj označen jako T8.

PŘÍLOHA 25

Závitník M4x1 [21].

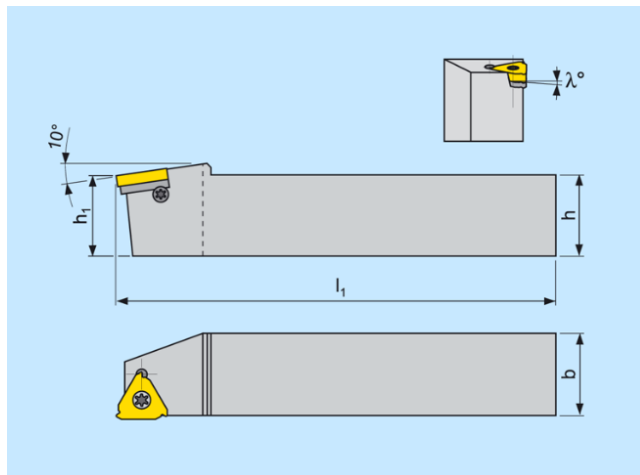


d_1	Stoupání	Lícování	l_1	l_2	d_2	a
M4	1	6H	63	12	4,5	3,4

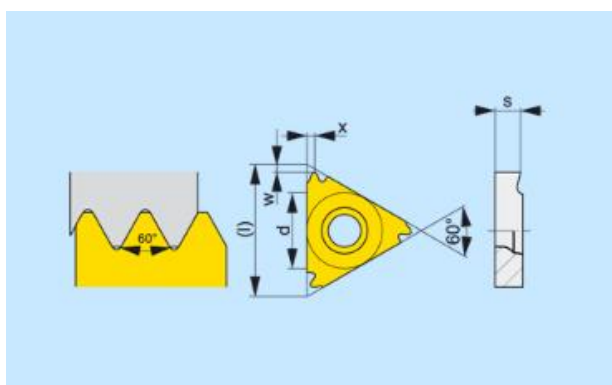
Pro vytvoření závitových děr M4x1 v předvrtaných dírách 3,3 mm na součásti Tělo je vybrán závitník M4 6H 1500. V technologickém postupu je nástroj označen jako T9.

PŘÍLOHA 26

Závitový nůž vnější [20].



h	h ₁	l ₁	b	λ	Orientace
20	20	125	20	1,5°	L

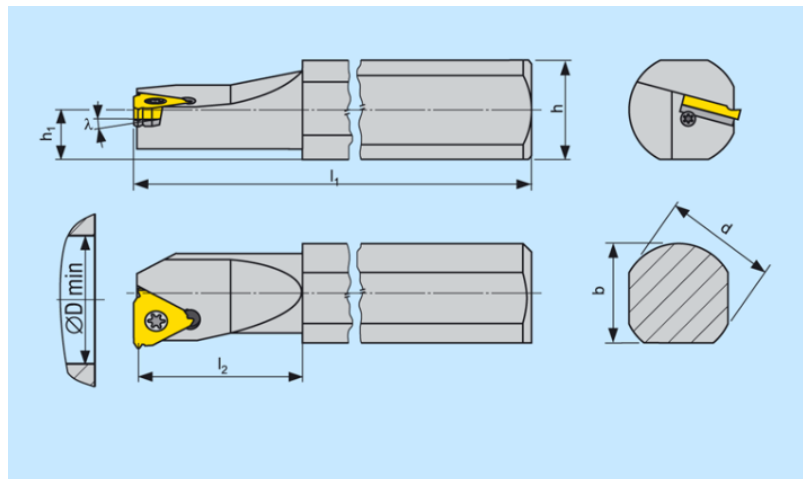


(l)	d	Stoupání	s	x	w
16,5	9,525	1,00	3,47	0,7	1,30

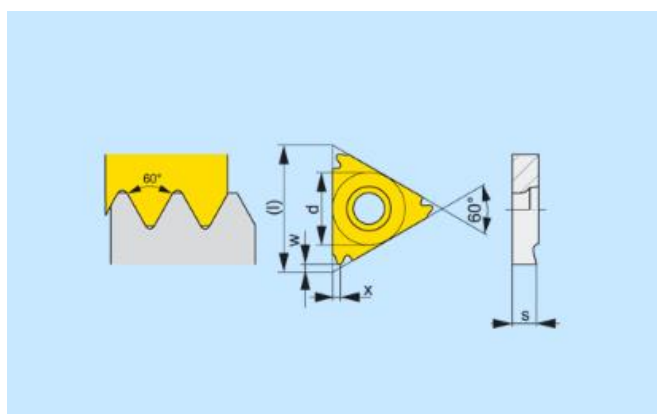
Pro výrobu závitu na součásti Záslepka je použit nůž SEL 2020 K 16 a VBD s označením TN 16EN100M. V technologickém postupu je nástroj označen jako T10.

PŘÍLOHA 27

Závitový nůž vnitřní [20].



b	d	D_{min}	h	h_1	l_1	λ	Orientace
14	16	22	14,5	7,5	160	1,5°	L

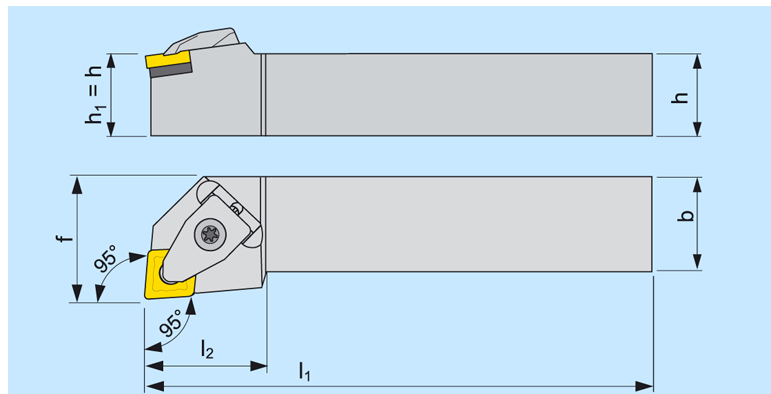


(l)	d	Stoupání	s	x	w
16,5	9,525	1,00	3,47	0,7	1,30

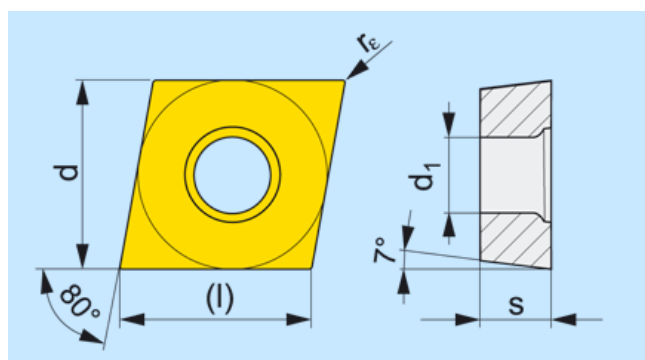
Pro výrobu závitu v součásti Tělo je použit nůž SIL 1416 N 16-1 a VBD s označením TN 16NL100M. V technologickém postupu je nástroj označen jako T11.

PŘÍLOHA 28

Soustružnický nůž vnější [20].



h	b	f	L ₁	L _{2max}	λ _s	Υ _o	Orientace
25	25	32	150	30	-6	-6	L

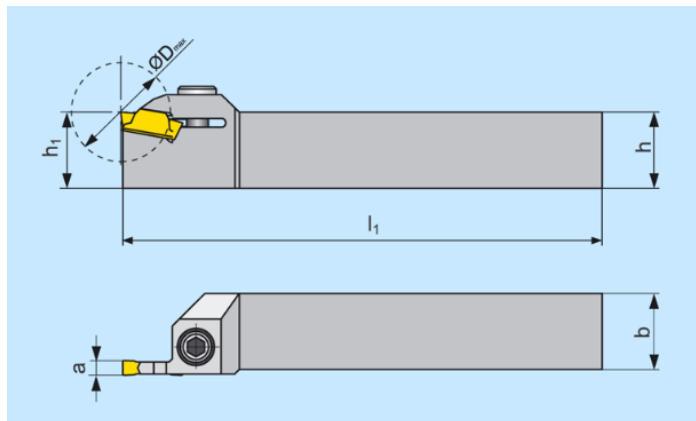


(l)	d	d ₁	s	re	f _{min}	f _{max}	a _{pmin}	a _{pmax}
12,9	12,7	5,5	4,76	0,4	0,1	0,3	0,4	7

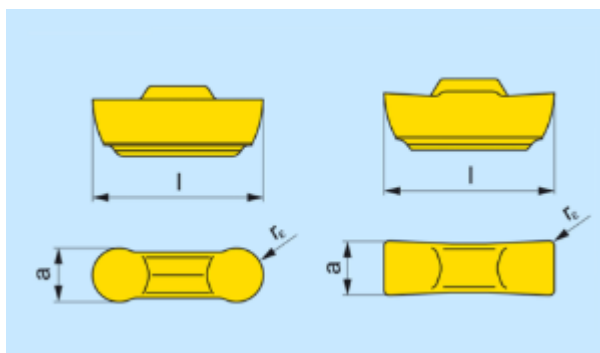
Pro hrubovací a dokončovací operace při výrobě součástí Tělo a Záslepka byl použit nůž s označením DCLNL 2525 M12 s destičkou určenou pro obrábění hliníkových slitin s označením CCGT 120404F- AL. V technologickém postupu je nástroj označen jako T12.

PŘÍLOHA 29

Zapichovací nůž 3 mm [20].



h	h ₁	b	l ₁	a	D _{max}	Orientace
16	16	16	100	3	18	L

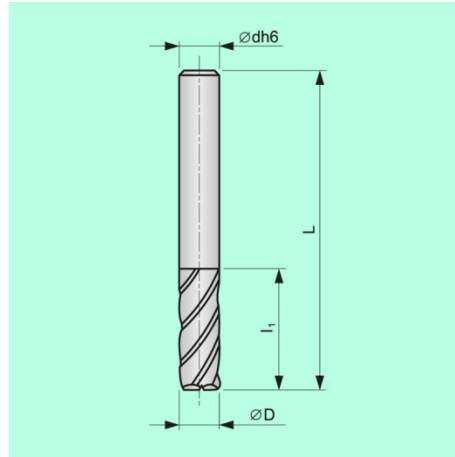


a	l	re	f _{min}	f _{max}	a _{pmin}	a _{pmax}
3	16,4	1,5	0,05	0,4	0,5	1,5

Pro vytvoření vlnkového profilu na součásti Tělo je vybrán zapichovací nůž a VBD s označením LCMF 0316MO-MP. V technologickém postupu je nástroj označen jako T13.

PŘÍLOHA 30

Fréza 8 mm [20].

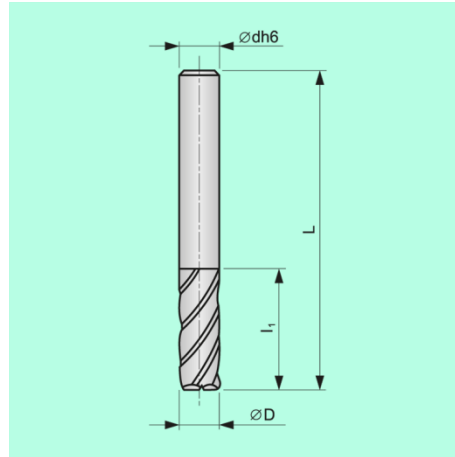


d	D	Z	L	l_1
8	8	2	64	20

Na frézování drážek v součásti Tělo je zvolena fréza 08E2S64-20A08 NEPU.
V technologickém postupu je nástroj označen jako T14.

PŘÍLOHA 31

Fréza 12 mm [20].



d	D	Z	L	l_1
12	12	2	75	25

Na frézování kapsy v součásti Záslepka je použita fréza 12E2S75-25A12 NEPU.
V technologickém postupu je nástroj označen jako T15.

PŘÍLOHA 32

Gravírovací jehla 1 mm [22].



Název	2R	2A	SHK	OVL
95 - YDJ3.1008	0,8	10	3,175	33

Pro gravírování na součásti Tělo je zvolena gravírovací jehla 95 - YDJ3.1008.
V technologickém postupu je nástroj označen jako T16.

PŘÍLOHA 33

Posuvné měřidlo [23].



Objednací číslo	Rozsah měření	Hloubkoměr	Délka	Hmotnost
500-716-20	0-150	Plochý	233	164

Pro kontrolu rozměrů po řezání na pásové pile STG 220 G a pro kontrolu rozměrů během výroby je u všech součástí zvoleno vzhledem k požadované přesnosti jako měřidlo posuvné měřidlo Mitutoyo 500-716-20. V technologickém postupu je měřidlo označeno jako M1.

PŘÍLOHA 34

Závitový kroužek [24].



Velikost díry	Stoupání	Tolerance
M27	1	6G

Pro kontrolu závitu na součástce Záslepka je zvolen závitový kroužek M27x1 6G.
V technologickém postupu je měřidlo označeno jako M2.

PŘÍLOHA 35

Závitový trn M3x0,5 [24].



Velikost díry	Stoupání	Tolerance
M3	0,5	6H

Na kontrolování závitů M3x0,5 na součásti Tělo je použit závitový trn M3x0,5 6H.
V technologickém postupu je měřidlo označeno jako M3.

PŘÍLOHA 36

Závitový trn M4x1 [24].



Velikost díry	Stoupání	Tolerance
M4	1	6H

Závity M4x1 na součásti Tělo se kontrolují pomocí závitového trnu M4x1 6H.
V technologickém postupu je měřidlo označeno jako M4.

PŘÍLOHA 37

Závitový trn M27x1 [24].

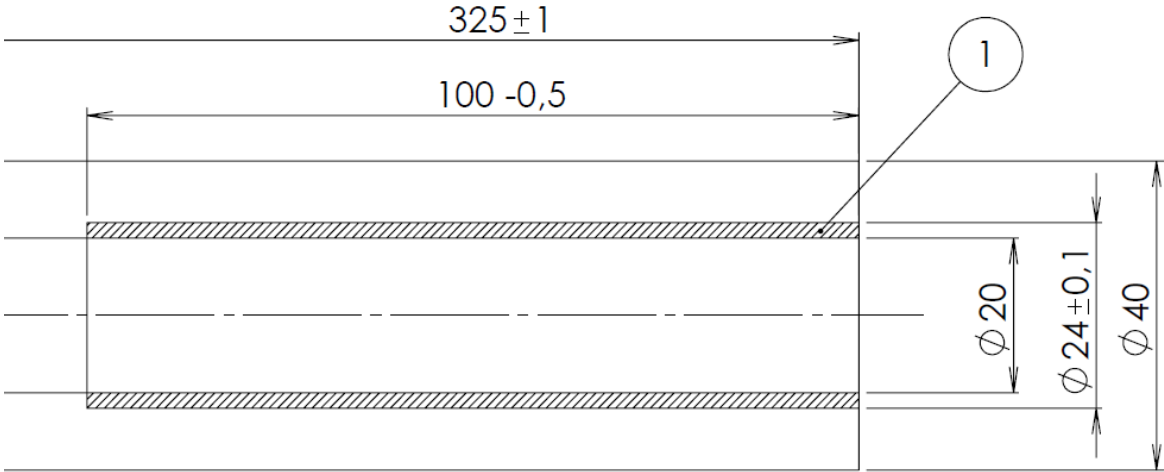


Velikost díry	Stoupání	Tolerance
M27	1	6H

Závit M27x1 na součásti Tělo je kontrolován závitovým trnem M27x1 6H. V technologickém postupu je měřidlo označeno jako M5.

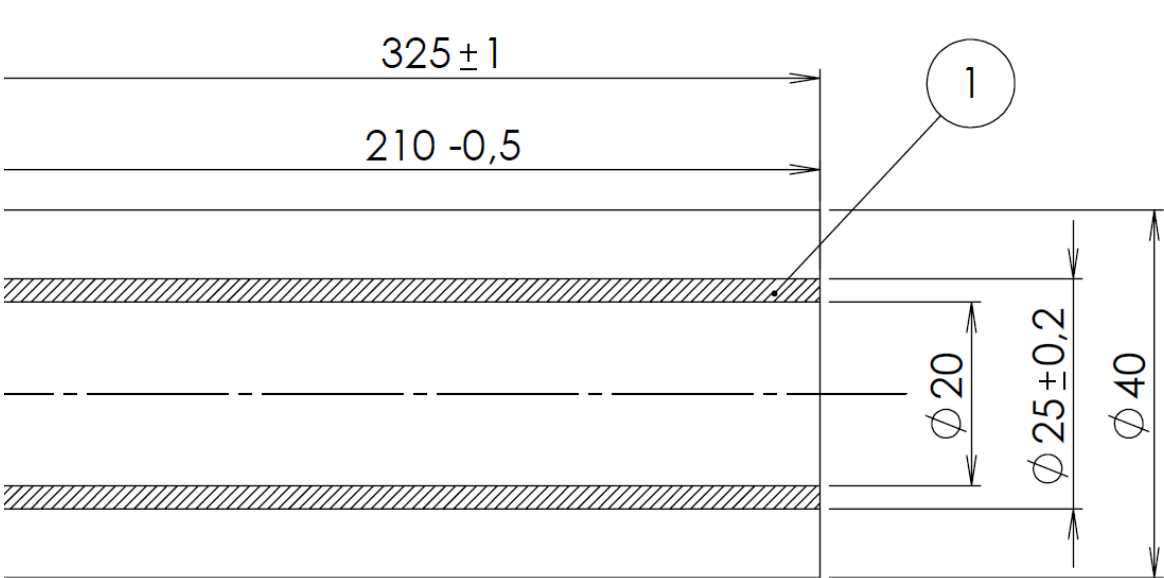
PŘÍLOHA 38

Návodka Operace 01/01

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: Tělo		
Materiál: EN AW-6060				Polotovar ϕ 40x10 – 325 EN AW-6060				
Číslo operace: 01/01		Třídící číslo:				Pracoviště: Obrobna		
Stroj: soustruh SV18 RD								
<div></div>								
Úsek	Nástroj	i	v_c	n	f	a_p	L	t_{as}
		[-]	$[mm \cdot min^{-1}]$	$[min^{-1}]$	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
Vrtat díru	T6	6	67,86	900	0,38	2	105	0,3070
Σ								0,3070
Navrhl: Bršťák Ondřej		Datum: 19. 6. 2020				Schválil:		

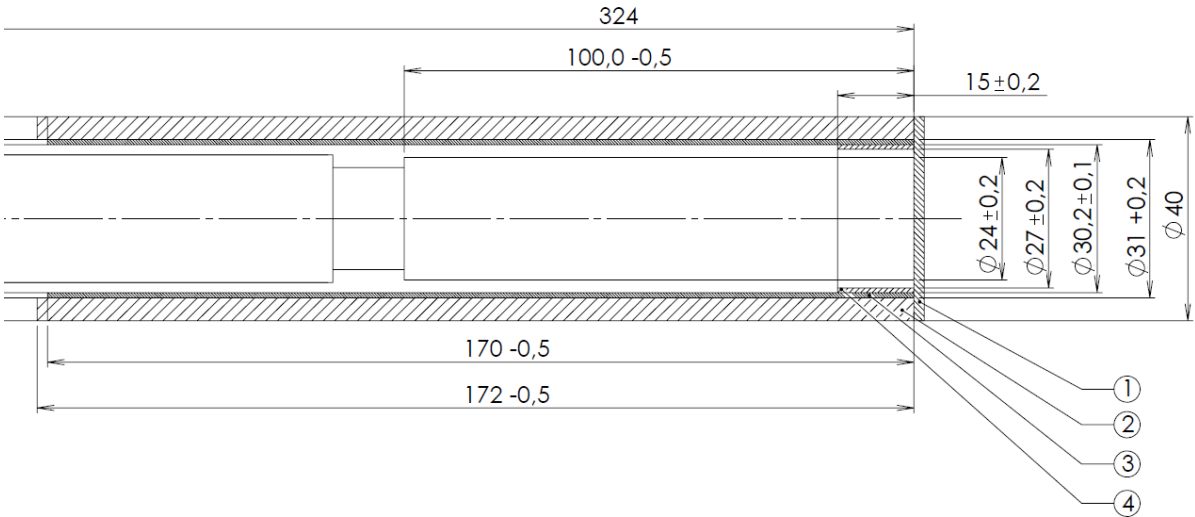
PŘÍLOHA 39

Návodka Operace 02/02

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: Tělo		
Materiál: EN AW-6060				Polotovar ϕ 40x10 – 325 EN AW-6060				
Číslo operace: 02/02		Třídící číslo:				Pracoviště: Obrobna		
Stroj: soustruh SV18 RD								
								
Úsek	Nástroj	i	v_c	n	f	a_p	L	t_{as}
		[-]	[mm·min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
Vrtat díru	T7	12	67,86	900	0,40	1	215	0,5972
Σ								0,5972
Navrhl: Bršťák Ondřej			Datum: 19. 6. 2020			Schválil:		

PŘÍLOHA 40

Návodka Operace 03/03

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: Tělo		
Materiál: EN AW-6060				Polotovar ϕ 40x10 – 325 EN AW-6060				
Číslo operace: 03/03		Třídící číslo:34156				Pracoviště: Obrobna		
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY								
								
Úsek	Nástroj	i	vc	n	f	ap	L	t _{as}
		[-]	[mm·min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
Zarovnat čelo	T12	1	350	2785	0,2	1	28	0,0502
Soustružit průměr	T12	5	150	1193	0,3	1/1/1/0,5	176	2,4588
Soustružit průměr	T12	1	350	3594	0,1	1	174	0,4841
Soustružit průměr	T12	2	150	1592	0,1	0,75	19	0,1193
Gravírovat	T16	1	15,7	4000	0,25	1	2421	4,3678
Σ								7,0767
Navrhl: Bršťák Ondřej		Datum: 19. 6. 2020				Schválil:		

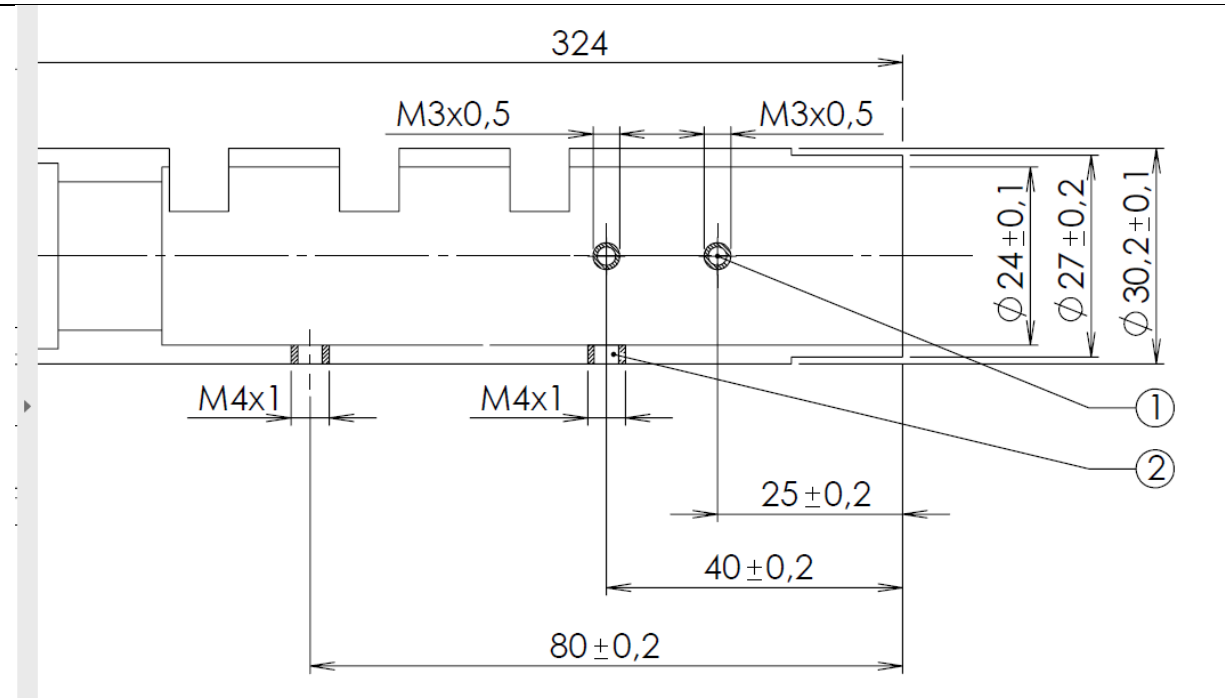
PŘÍLOHA 41

Návodka Operace 04/04 – část 1/2

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: Tělo		
Materiál: EN AW-6060				Polotovár ϕ 40x10 – 325 EN AW-6060				
Číslo operace: 04/04		Třídící číslo: 34156				Pracoviště: Obrobna		
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY								
Úsek	Nástroj	i	vc	n	f	ap	L	t _{as}
		[-]	[mm·min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
Frézovat drážku	T14	3	100,5	4000	0,2	2,5	43,5	0,2447
Frézovat drážku	T14	1	100,5	4000	0,1	1	43,5	0,1631
Vrtat díru	T5	1	70	1591	0,3	7	7	0,0147
Vrtat díru	T4	1	75	3410	0,17	3,5	7	0,0121
Vrtat díru	T1	4	31,4	4000	0,08	1,25	7	0,0876
Vrtat díru	T2	2	41,5	4000	0,1	1,65	7	0,0350
Σ								0,5572
Navrhl: Bršťák Ondřej			Datum: 19. 6. 2020			Schválil:		

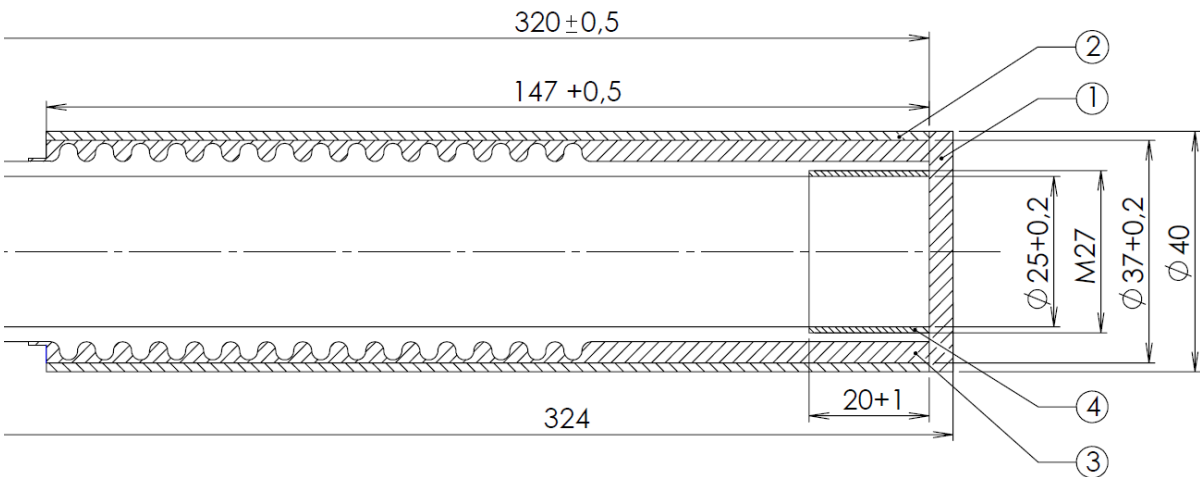
PŘÍLOHA 42

Návodka Operace 04/04 – část 2/2

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: Tělo		
Materiál: EN AW-6060				Polotovár ϕ 40x10 – 325 EN AW-6060				
Číslo operace: 04/04		Třídící číslo: 34156				Pracoviště: Obrobna		
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY								
								
Úsek	Nástroj	i	v_c	n	f	a_p	L	t_{as}
		[-]	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	$[\text{min}^{-1}]$	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
Řezat závit	T8	4	20	2122	-	1	7	0,3333
Řezat závit	T9	2	20	1591	-	1	7	0,3500
Σ								0,6833
Navrhl: Bršťák Ondřej		Datum: 19. 6. 2020				Schválil:		

PŘÍLOHA 43

Návodka Operace 05/05

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: Tělo		
Materiál: EN AW-6060				Polotovar ϕ 40x10 – 325 EN AW-6060				
Číslo operace: 05/05		Třídící číslo: 34156				Pracoviště: Obrobna		
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY								
								
Úsek	Nástroj	i	vc	n	f	ap	L	t _{as}
		[-]	[mm·min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
Zarovnat čelo	T12	1	350	2785	0,2	1	28	0,0502
Soustružit průměr	T12	1	350	2785	0,2	1	151	0,5422
Soustružit profil	T13	2	350	2932	0,2	1,5	207	0,7060
Řezat závit	T11	1	18,85	250	-	1	22	0,8833
Σ								2,2965
Navrhl: Bršťák Ondřej			Datum: 19. 6. 2020			Schválil:		

PŘÍLOHA 44

Tabulka cen nástrojů a hodnoty N_T [30,31,32,33,34].

Číslo nástroje	Cena nástroje [Kč]	Cena držáku [Kč]	počet břitů VBD [-]	N_T [Kč]
1	8,11	187,55	-	42,16
2	11,25	187,55	-	45,30
3	15,13	187,55	-	49,18
4	30,37	187,55	-	64,42
5	202,31	187,55	-	236,36
6	988,45	2493,81	-	1023,07
7	1020,15	2493,81	-	1054,77
8	250,47	1055,12	-	284,73
9	256,52	1055,12	-	290,78
10	324,00	3226,75	3	142,80
11	457,00	3726,80	3	187,26
12	340,00	2410,00	2	204,60
13	664,29	2776,95	2	366,84
14	323,80	187,55	-	357,85
15	610,69	187,55	-	644,74
16	145,00	187,55	-	179,05

PŘÍLOHA 45

Tabulka časů pro výpočet N_N a hodnoty N_N .

Číslo nástroje	Stroj/Výrobek	l [-]	v_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	L [mm]	t_{ss} [min]	L v záběru [mm]	čas v záběru [min]	λ [-]	N_N [Kč]	trvanlivost nástroje [min]
6	SV18 RD/Tělo	6	67,86	900	0,38	105,0	0,3070	100,0	0,2924	0,952	9,97	30
7	SV18 RD/Tělo	12	67,86	900	0,40	215,0	0,5972	210,0	0,5833	0,977	20,51	30
12	SP 280 SY/Tělo	1	350,00	2785	0,20	28,0	0,0503	20,0	0,0359	0,714	0,73	10
12	SP 280 SY/Tělo	5	150,00	1193	0,30	176,0	2,4588	172,0	2,4029	0,977	49,16	10
12	SP 280 SY/Tělo	1	350,00	3594	0,10	174,0	0,4841	170,0	0,4730	0,977	9,68	10
12	SP 280 SY/Tělo	2	150,00	1592	0,10	19,0	0,2387	15,0	0,1884	0,789	3,86	10
16	SP 280 SY/Tělo	1	15,70	4000	0,25	2421,0	4,3678	2421,0	2,8245	0,647	8,43	60
14	SP 280 SY/Tělo	3	100,50	4000	0,20	43,5	0,4894	27,5	0,3094	0,632	1,85	60
14	SP 280 SY/Tělo	1	100,50	4000	0,10	43,5	0,3263	27,5	0,2063	0,632	1,23	60
5	SP 280 SY/Tělo	1	70,00	1591	0,30	7,0	0,0147	3,0	0,0063	0,429	0,05	30
4	SP 280 SY/Tělo	1	75,00	3410	0,17	7,0	0,0121	3,0	0,0052	0,429	0,01	30
1	SP 280 SY/Tělo	4	31,40	4000	0,08	7,0	0,0875	3,0	0,0375	0,429	0,05	30
2	SP 280 SY/Tělo	2	41,50	4000	0,10	7,0	0,0350	3,0	0,0150	0,429	0,02	30
8	SP 280 SY/Tělo	4	20,00	2122	0,5	7,0	0,3333	3,0	0,1428	0,429	1,36	30
9	SP 280 SY/Tělo	2	20,00	1591	0,7	7,0	0,3500	3,0	0,1500	0,429	1,45	30
12	SP 280 SY/Tělo	1	350,00	2785	0,20	28,0	0,0503	20,0	0,0359	0,714	0,73	10
12	SP 280 SY/Tělo	1	350,00	2785	0,20	151,0	0,5422	147,0	0,5278	0,974	10,80	10
13	SP 280 SY/Tělo	2	350,00	2932	0,20	207,0	0,7060	200,0	0,6821	0,966	25,02	10
11	SP 280 SY/Tělo	1	20,00	250	0,5	22,0	0,8833	20,0	0,8030	0,909	15,04	10
12	SV18 RD/Záslepka	1	307,90	2800	0,10	41,0	0,1464	35,0	0,1250	0,854	2,56	10
12	SV18 RD/ Záslepka	2	218,20	2240	0,30	27,0	0,0804	21,0	0,0625	0,778	1,28	10
12	SV18 RD/ Záslepka	1	272,70	2800	0,10	26,0	0,0929	20,0	0,0714	0,769	1,46	10
12	SV18 RD/ Záslepka	1	263,90	2800	0,10	9,5	0,0339	3,5	0,0125	0,368	0,26	10
12	SV18 RD/ Záslepka	1	307,90	2800	0,10	41,0	0,1464	35,0	0,1250	0,854	2,56	10
12	SV18 RD/ Záslepka	2	246,30	2240	0,30	32,0	0,0952	26,0	0,0774	0,813	1,58	10
12	SV18 RD/ Záslepka	1	272,70	2800	0,10	31,0	0,1107	25,0	0,0893	0,806	1,83	10
12	SV18 RD/ Záslepka	1	241,90	2800	0,20	17,0	0,0304	15,0	0,0268	0,882	0,55	10
10	SV18 RD/ Záslepka	1	19,40	224	0,7	17,0	0,9858	15,0	0,8698	0,882	12,42	10
12	SV18 RD/ Záslepka	1	263,90	2800	0,10	5,0	0,0179	1,0	0,0036	0,200	0,07	10
15	FGH 32/Záslepka	5	52,80	1400	0,60	22,0	0,1310	16,0	0,0952	0,727	1,02	60
15	FGH 32/ Záslepka	1	52,80	1400	0,30	22,0	0,0524	16,0	0,0381	0,727	0,41	60
3	VS 20A/Záslepka	1	44,00	2800	12,90	9,0	0,0002	6,0	0,0002	0,667	0,01	30
2	VS20A/Krytka	2	29,00	2800	0,07	5,0	0,0549	2,0	0,0220	0,400	0,03	30